

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-187220

(43)Date of publication of application : 04.07.2000

(51)Int.Cl.

G02F 1/13363  
G02F 1/1335

(21)Application number : 11-080586

(71)Applicant : SHARP CORP

(22)Date of filing : 24.03.1999

(72)Inventor : SHIMIZU MASAHIRO

ITOU YASUTAKA

KUBO MASUMI

(30)Priority

Priority number : 10294311 Priority date : 15.10.1998 Priority country : JP

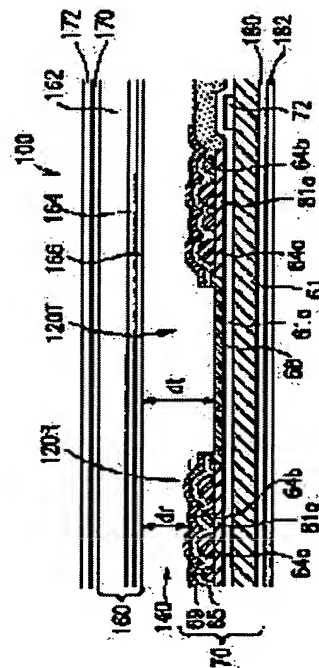
## (54) LIQUID CRYSTAL DISPLAY DEVICE

(57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To improve mass productivity and to enable good display regardless of the brightness of ambient light by providing each of pixel regions with a reflection region and a transmission region and optimizing the retardation of a liquid crystal layer, respectively independently therefrom.

**SOLUTION:** Each pixel has a reflection region 120R regulated by a reflection electrode 69 and a transmission region 120T regulated by a transparent electrode 68. The relation between the twist angle of the liquid crystal layer 140 and the retardation, when phase difference compensation elements 170 and 180 are quarter-wave plates is regulated by setting the retardation of the liquid crystal layer 140, when the twist angle  $\theta_1$  is within the range  $0^\circ \leq \theta_1 \leq 90^\circ$  at a prescribed range, by which the utilization rate of 70% or higher in reflectivity is can be obtained relating to the reflection region 120R.

The utilization efficiency of 30% or higher in transmittance can be obtained by setting the retardation of the liquid crystal layer 140, when the twist angle  $\theta_1$  is within the range  $0^\circ \leq \theta_1 \leq 90^\circ$  at a prescribed range related to the transmission region 120T.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

27.07.2001

[Date of sending the examiner's decision of

rejection]

[Kind of final disposal of application other than the  
examiner's decision of rejection or application  
converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3406242

[Date of registration] 07.03.2003

[Number of appeal against examiner's decision of  
rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

## \* NOTICES \*

JPO and NCIPI are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1] It has the liquid crystal layer pinched between the 1st and 2nd substrates, and this 1st substrate and this 2nd substrate. It is the liquid crystal display which has two or more picture element fields specified with the electrode of the pair which impresses an electrical potential difference to this liquid crystal layer, and has a reflective field and a transparency field for these two or more picture element fields of every. This liquid crystal layer The 1st polarizing element which consisted of a liquid crystal ingredient which has a forward dielectric constant anisotropy, and was prepared in the opposite side with this liquid crystal layer of this 1st substrate, The 2nd polarizing element prepared in the opposite side with this liquid crystal layer of this 2nd substrate, and the 1st phase contrast compensation component prepared between this 1st polarizing element and this liquid crystal layer, It has the 2nd phase contrast compensation component prepared between this 2nd polarizing element and this liquid crystal layer. Twist angle  $\theta$  of this liquid crystal layer is 0 degrees or more 90 degrees or less. The retardation  $R_d$  of the light field of this liquid crystal layer of this reflective field and twist angle  $\theta$  In the range and the range of  $0^\circ \leq \theta \leq 54.3^\circ$  which are surrounded with the curve expressed with a formula (1), a formula (2), a formula (3), and a formula (4), respectively In the range surrounded with the curve expressed with a formula (5), a formula (6) and a formula (7), and a formula (8), respectively, and the range of  $54.3^\circ < \theta \leq 90^\circ$  It is the range surrounded with the curve expressed with a formula (5) and a formula (8), respectively. And the retardation  $R_d$  of the light field of this liquid crystal layer of this transparency field and twist angle  $\theta$  It is the range surrounded with the curve expressed with a formula (9), a formula (10), a formula (11), and a formula (12), respectively, and each formula is  $R_d = -0.0043$ ,  $\theta = 2 - 0.065$ , and  $\theta = 1011.8$ . (1)  
 $R_d = -0.0089$ ,  $\theta = 2 + 0.1379$ , and  $\theta = 914.68$  (2)  
 $R_d = -0.0015$ ,  $\theta = 2 - 0.1612$ , and  $\theta = 737.29$  (3)  
 $R_d = -0.0064$ ,  $\theta = 2 - 0.0043$ , and  $\theta = 640.65$  (4)  
 $R_d = -0.0178$ ,  $\theta = 2 + 0.2219$ , and  $\theta = 458.92$  (5)  
 $R_d = -0.0405$ ,  $\theta = 2 + 0.4045$ , and  $\theta = 364.05$  (6)  
 $R_d = 0.0347$ ,  $\theta = 2 - 0.4161$ , and  $\theta = 186.53$  (7)  
 $R_d = 0.0098$ ,  $\theta = 2 - 0.1912$ , and  $\theta = 89.873$  (8)  
 $R_d = -0.0043$ ,  $\theta = 2 - 0.065$ , and  $\theta = 995.66$  (9)  
 $R_d = -0.0058$ ,  $\theta = 2 - 0.0202$ , and  $\theta = 665.8$  (10)  
 $R_d = -0.0248$ ,  $\theta = 2 + 0.6307$ , and  $\theta = 439.58$  (11)  
 $R_d = 0.0181$ ,  $\theta = 2 - 0.6662$ , and  $\theta = 109.51$  (12)

The liquid crystal display which comes out and exists.

[Claim 2] In the range whose twist angle  $\theta$  of a reflective field said retardation  $R_d$  is  $0^\circ \leq \theta \leq 54.3^\circ$  In the range said whose retardation  $R_d$  twist angle  $\theta$  of a reflective field is the range surrounded with the curve expressed with the above-mentioned formula (7) and the above-mentioned formula (8), and is  $54.3^\circ < \theta \leq 90^\circ$  Consider as the range surrounded with the curve expressed with the above-mentioned formula (5) and the above-mentioned formula (8), and twist angle  $\theta$  of said transparency field sets in the 0-degree or more range of 90 degrees or less. The liquid crystal display according to claim 1 in the range in which said retardation is surrounded with the curve expressed with the above-mentioned formula (11) and the above-mentioned formula (12).

[Claim 3] Said reflective field and said transparency field have the liquid crystal layer which consists of the same liquid crystal ingredient, and the thickness of this liquid crystal layer of this reflective field is a liquid crystal display [ smaller than the thickness of this liquid crystal layer of this transparency field ] according to claim 1.

[Claim 4] Said 1st phase contrast compensation component is a liquid crystal display according to claim 2 which it has the 1st phase contrast plate, twist angle  $\theta$  of said liquid crystal layer is 0 degree, the retardation  $R_d$  of said reflective field is  $90 \text{ nm} \leq R_d \leq 187 \text{ nm}$ , and the retardation  $R_d$  of said transparency field is  $110 \text{ nm} \leq R_d \leq 440 \text{ nm}$ , and is the range whose retardation  $R_d$  of this 1st phase contrast plate is  $30 \text{ nm} \leq R_d \leq 250 \text{ nm}$ .

[Claim 5] Said 1st phase contrast compensation component is a liquid crystal display according to claim 4 which is the range whose retardation  $R_d$  of this 2nd phase contrast plate it has the 2nd phase contrast plate further, and is  $220\text{ nm} \leq R_d \leq 330\text{ nm}$ .

[Claim 6] said 2nd phase contrast compensation component -- the 3rd phase contrast plate -- having -- this -- the liquid crystal display according to claim 5 which is the range whose retardation  $R_d$  of the 3rd phase contrast plate is  $120\text{ nm} \leq R_d \leq 150\text{ nm}$ .

[Claim 7] said 2nd phase contrast compensation component -- further -- the 4th phase contrast plate -- having -- this -- the liquid crystal display according to claim 6 which is the range whose retardation  $R_d$  of the 4th phase contrast plate is  $240\text{ nm} \leq R_d \leq 310\text{ nm}$ .

---

[Translation done.]

## \* NOTICES \*

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] Especially this invention relates to the liquid crystal display of the mold both for reflective transparency which can perform the display in reflective mode, and the display of the transparent mode about a liquid crystal display.

[0002]

[Description of the Prior Art] Conventionally, the reflective mold indicating equipment using an ambient light, the transparency mold indicating equipment using back light light, and the transreflective type indicating equipment equipped with the half mirror and the back light were shown in the liquid crystal display.

[0003] Under a gloomy environment, the display stopped easily a reflective mold liquid crystal display being able to be visible, and a transparency mold liquid crystal display has a strong ambient light, for example, had the fault of the outdoors of a display etc. having grown dim, could not be easily visible under sunlight, and becoming. JP,7-333598,A is indicating the transreflective LCD as a liquid crystal display which used the display mode of these both together so that a good display can be performed under any environments.

[0004]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, the following problem was shown in the above-mentioned conventional transreflective LCD. The conventional transreflective LCD is replaced with the reflecting plate in a reflective mold liquid crystal display, using the half mirror, prepares a very small transparency field (for example, very small hole in a metal thin film) in a reflective field, and shows with the reflected light using the transmitted light. Since the reflected light and the transmitted light which are used for a display passed the same liquid crystal layer, the optical path of the reflected light became twice the optical path of the transmitted light, and since the retardations of a liquid crystal layer to the reflected light and the transmitted light differed greatly, a good display was not able to be obtained. Moreover, since it was superimposed on the display of reflective mode and the transparent mode and the display in reflective mode and the display of the transparent mode could not be optimized according to the individual, there was a problem that color display was difficult or turned into a blurred display.

[0005] It is made in order that this invention may solve the above-mentioned technical problem, and the purpose of this invention is excellent in mass-production nature, and is not based on the brightness of an ambient light, but it is in offering the liquid crystal display in which a good display is possible.

[0006]

[Means for Solving the Problem] The liquid crystal display of this invention has the liquid crystal layer pinched between the 1st and 2nd substrates, and this 1st substrate and the 2nd substrate. It is the liquid crystal display which has two or more picture element fields specified with the electrode of the pair which impresses an electrical potential difference to this liquid crystal layer, and has a reflective field and a transparency field for these two or more picture element fields of every. This liquid crystal layer The 1st polarizing element which consisted of a liquid crystal ingredient which has a forward dielectric constant anisotropy, and was prepared in the opposite side with this liquid crystal layer of this 1st substrate, The 2nd polarizing element prepared in the opposite side with this liquid crystal layer of this 2nd substrate, and the 1st phase contrast compensation component prepared between this 1st polarizing element and this liquid crystal layer, It has the 2nd phase contrast compensation component prepared between this 2nd polarizing element and this liquid crystal layer. Twist angle  $\theta$  of this liquid crystal layer is 0 degrees or more 90 degrees or less. The retardation  $R_d$  of the light field of this liquid crystal layer of this reflective field and twist angle  $\theta$  In the range and the range of  $0 \text{ degree} \leq \theta \leq 54.3 \text{ degree}$  which are surrounded with the curve expressed with a formula (1), a formula (2), a formula (3), and a formula (4), respectively In the range surrounded with the curve expressed with a formula (5), a formula (6) and a formula (7), and a formula (8), respectively, and the range of  $54.3 \text{ degree} < \theta < 90 \text{ degree}$  It is the range surrounded with the curve expressed with a formula (5) and a formula (8). The retardation  $R_d$  of the light field of this liquid crystal layer of this transparency field and twist angle  $\theta$  It is the range surrounded with the curve expressed with a formula (9), a

formula (10), a formula (11), and a formula (12), respectively, and each above-mentioned formula is  $R_d = -0.0043$ ,  $\theta_2 = 0.065$ , and  $\theta = 1011.8$ . (1)

$R_d = -0.0089$ ,  $\theta_2 = 0.1379$ , and  $\theta = 914.68$  (2)

$R_d = -0.0015$ ,  $\theta_2 = 0.1612$ , and  $\theta = 737.29$  (3)

$R_d = -0.0064$ ,  $\theta_2 = 0.0043$ , and  $\theta = 640.65$  (4)

$R_d = -0.0178$ ,  $\theta_2 = 0.2219$ , and  $\theta = 458.92$  (5)

$R_d = -0.0405$ ,  $\theta_2 = 0.4045$ , and  $\theta = 364.05$  (6)

$R_d = 0.0347$ ,  $\theta_2 = 0.4161$ , and  $\theta = 186.53$  (7)

$R_d = 0.0098$ ,  $\theta_2 = 0.1912$ , and  $\theta = 89.873$  (8)

$R_d = -0.0043$ ,  $\theta_2 = 0.065$ , and  $\theta = 995.66$  (9)

$R_d = -0.0058$ ,  $\theta_2 = 0.0202$ , and  $\theta = 665.8$  (10)

$R_d = -0.0248$ ,  $\theta_2 = 0.6307$ , and  $\theta = 439.58$  (11)

$R_d = 0.0181$ ,  $\theta_2 = 0.6662$ , and  $\theta = 109.51$  (12)

It comes out, and it is and the above-mentioned purpose is attained by that.

[0007] In the range whose twist angle  $\theta$  of a reflective field said retardation  $R_d$  is  $0^\circ \leq \theta \leq 54.3^\circ$  degree In the range said whose retardation  $R_d$  twist angle  $\theta$  of a reflective field is the range surrounded with the curve expressed with the above-mentioned formula (7) and the above-mentioned formula (8), and is  $54.3^\circ < \theta \leq 90^\circ$  It is desirable that consider as the range surrounded with the curve expressed with the above-mentioned formula (5) and the above-mentioned formula (8), and said retardation has twist angle  $\theta$  of said transparency field in the range surrounded with the curve expressed with the above-mentioned formula (11) and the above-mentioned formula (12) in the 0-degree or more range of 90 degrees or less.

[0008] Said reflective field and said transparency field have the liquid crystal layer which consists of the same liquid crystal ingredient, and, as for the thickness of this liquid crystal layer of this reflective field, it is desirable that it is smaller than the thickness of this liquid crystal layer of this transparency field.

[0009] It may have the 1st phase contrast plate, twist angle  $\theta$  of said liquid crystal layer may be  $0^\circ$  degree, the retardation  $R_d$  of said reflective field may be  $90 \text{ nm} \leq R_d \leq 187 \text{ nm}$ , and the retardation  $R_d$  of said transparency field may be  $110 \text{ nm} \leq R_d \leq 440 \text{ nm}$ , and said 1st phase contrast compensation component may be range whose retardation  $R_d$  of this 1st phase contrast plate is  $30 \text{ nm} \leq R_d \leq 250 \text{ nm}$ .

[0010] Said 1st phase contrast compensation component may have the 2nd phase contrast plate further, and may be range whose retardation  $R_d$  of this 2nd phase contrast plate is  $220 \text{ nm} \leq R_d \leq 330 \text{ nm}$ .

[0011] said 2nd phase contrast compensation component -- the 3rd phase contrast plate -- having -- this -- the retardation  $R_d$  of the 3rd phase contrast plate may be the range which is  $120 \text{ nm} \leq R_d \leq 150 \text{ nm}$ .

[0012] said 2nd phase contrast compensation component -- further -- the 4th phase contrast plate -- having -- this -- the retardation  $R_d$  of the 4th phase contrast plate may be the range which is  $240 \text{ nm} \leq R_d \leq 310 \text{ nm}$ .

[0013] Hereafter, an operation of this invention is explained. First, the definition of the vocabulary used on this application specifications is explained. In the mold liquid crystal display both for reflective transparency, the field which displays the field which displays using the transmitted light using a transparency field and the reflected light is called a reflective field, respectively. A transparency field and a reflective field contain the transparency electrode field and reflector field which were formed on the substrate, and the liquid crystal layer pinched by the substrate of a pair, respectively. The transparency electrode field and reflector field on a substrate specify the two-dimensional breadth of a reflective field and a transparency field, respectively. A transparency electrode field is typically prescribed by the transparent electrode. A reflector field may be prescribed by the combination of a reflector or a transparent electrode, and a reflector.

[0014] The liquid crystal display of this invention has a reflective field and a transparency field for every picture element field. Therefore, the retardation of a liquid crystal layer can be independently optimized about a reflective field and a transparency field, respectively. The retardation of the liquid crystal layer of a reflective field specifically A formula (1) and a formula (2), It is set as the range (hatching field of drawing 5 (a double hatching field is included)) surrounded with the curve expressed with a formula (3), a formula (4), a formula (5) and a formula (6), a formula (7), and a formula (8), respectively. By setting the retardation of the liquid crystal layer of a transparency field as the range surrounded by the formula (9), the formula (10), the formula (11), and the formula (12) to (the hatching field in drawing 6 (a double hatching field being included)) Brightness (permeability) of a transparency field can be made into 30% or more for the brightness (reflection factor) of a reflective field 70% or more.

[0015] As for the conditions of these retardations, it is desirable that it is satisfied to the wavelength which is the main wavelength of 550nm of the light (visibility is high). Furthermore, it is more desirable that it is satisfied about all the wavelength range of the light (400nm or more 800nm or less).

[0016] Furthermore, since twist angle  $\theta$  is in the range of  $0^\circ$  -  $90^\circ$  degrees, it is one rubbing processing and can make the same the twist angle of the field of both the reflective field where the thickness of a liquid crystal

layer differs, and a transparency field. In order to make it the twist angles of a reflective field and a transparency field differ, rubbing must be separately made two fields and the problem that a manufacture process becomes complicated arises.

[0017] Furthermore, said retardation  $R_d$  sets in the range whose twist angle  $\theta$  of a reflective field is  $0 \text{ degree} \leq \theta \leq 54.3 \text{ degree}$ . In the range said whose retardation  $R_d$  twist angle  $\theta$  of a reflective field is the range surrounded with the curve expressed with the above-mentioned formula (7) and the above-mentioned formula (8), and is  $54.3 \text{ degree} < \theta \leq 90 \text{ degree}$ . A retardation is made into the range (double hatching field in drawing 5) surrounded with the curve expressed with a formula (5) and a formula (8). And when twist angle  $\theta$  of a transparency field makes a retardation the range (double hatching field in drawing 6) surrounded with the curve expressed with a formula (11) and a formula (12) in the 0-degree or more range of 90 degrees or less. At the time of electrical-potential-difference impression, if it sets up so that the retardation of the liquid crystal layer of a reflective field and a transparency field may be set to 0 and it may become a black display at this time, it will be impressing the same electrical potential difference as a reflective field and a transparency field, and a good black display will be realized by coincidence. Furthermore, as conditions for realizing a white display, the above-mentioned conditions respond to a retardation choosing the white field (from the low retardation side in drawing 7  $R > 7$  and drawing 8 to the 1st peak) nearest to 0, and can also perform a gradation display good. That is, in the intermediate state which changes from a white display to a black display, since brightness (a reflection factor and permeability) carries out monotone reduction, a good gradation display is obtained. As conditions which realize a white display, if a white field is set as the 2nd peak in drawing 7 and drawing 8 from a low retardation side, the 1st peak exists in a halftone viewing area, and it cannot consider as a good gradation display.

[0018] Simple [ of a configuration or the manufacture approach ] is carried out rather than the case where the direction which constituted the liquid crystal layer of a transparency field and a reflective field from same liquid crystal ingredient changes the class of liquid crystal ingredient. In order to set up a retardation which is different in a reflective field and a transparency field, respectively, it is effective to change the thickness of the liquid crystal layer of a reflective field and a transparency field. Furthermore, in order to make in agreement the optical path length to the light which contributes to the display in a reflective field and a transparency field, it is effective to make thickness of the liquid crystal layer of a transparency field thicker than the thickness of the liquid crystal layer of a reflective field. It is most desirable that the thickness of the liquid crystal layer of a transparency field is twice the thickness of the liquid crystal layer of a reflective field.

[0019] The 1st phase contrast compensation component has the 1st phase contrast plate, and if twist angle  $\theta$  of a liquid crystal layer is the range whose retardation  $R_d$  of the 1st phase contrast plate the retardation  $R_d$  of a reflective field is  $90 \text{ nm} \leq R_d \leq 187 \text{ nm}$ , and the retardation  $R_d$  of a transparency field is  $110 \text{ nm} \leq R_d \leq 440 \text{ nm}$ , and is  $30 \text{ nm} \leq R_d \leq 250 \text{ nm}$  at 0 degree, it is bright in the display of a reflective field, and it can be realized by the normally white mode which has a high contrast ratio.

[0020] the 1st phase contrast compensation component -- the 1st phase contrast plate -- in addition -- if it is the range whose retardation  $R_d$  of this 2nd phase contrast plate is  $220 \text{ nm} \leq R_d \leq 330 \text{ nm}$ , since it has the 2nd phase contrast plate, and the wavelength property of a reflective field will be eased -- further -- high -- a contrast display can be performed.

[0021] if it is the range whose retardation  $R_d$  of the 3rd phase contrast plate is  $120 \text{ nm} \leq R_d \leq 150 \text{ nm}$ , since the 2nd phase contrast compensation component has the 3rd phase contrast plate, and optimization at the time of dark will be performed also in a transparency field -- further -- high -- a contrast display can be performed.

[0022] the 2nd phase contrast compensation component -- the 3rd phase contrast plate -- in addition -- if it is the range whose retardation  $R_d$  of this 4th phase contrast plate is  $240 \text{ nm} \leq R_d \leq 310 \text{ nm}$ , since it has the 4th phase contrast plate, and the wavelength property of a transparency field will be eased -- further -- high -- a contrast display can be performed.

[0023]

[Embodiment of the Invention] The fragmentary sectional view of the mold liquid crystal display 100 both for reflective transparency in the operation gestalt 1 of this invention is shown in drawing 1 A. Moreover, the plan of the active-matrix substrate 70 of a liquid crystal display 100 is shown in drawing 1 B. Drawing 1 A is equivalent to the sectional view which met the A-A line of drawing 1 B.

[0024] As shown in drawing 1 A, the liquid crystal display 100 has the active-matrix substrate 70, the opposite substrate (color filter substrate) 160, and the liquid crystal layer 140 pinched among these. On the surface of the opposite side, the phase contrast compensation components (a phase contrast plate, phase contrast films, these layered products, etc.) 170 and 180 are formed, respectively in the liquid crystal layer 140 of the active-matrix substrate 70 and the opposite substrate 160. Furthermore, polarizing elements (a polarizing plate, polarization film, etc.) 172 and 182 are formed in the outside of the phase contrast compensation components 170 and 180 so that these may be pinched.

[0025] As shown in drawing 1 A and drawing 1 B, on the glass substrate 61 which is an insulating substrate, two or



more gate bus lines 72 as the scanning line and the source bus line 74 as a signal line cross by turns, and the active-matrix substrate 70 of the mold both for reflective transparency is formed. In the field of the shape of a rectangle surrounded by each gate bus line 72 and each source bus line 74, the transparent electrode 68 which consists of an ingredient with high light transmission effectiveness (for example, ITO) is arranged independently, and the reflector 69 which consists of an ingredient with high light reflex effectiveness (for example, aluminum, Ag, Ta), and it form the pixel electrode with these reflectors 69 and a transparent electrode 68. Heights 64a with high height, heights 64b with low height, and the macromolecule resin film 65 formed on these are formed in the bottom of a reflector 69, and the front face of a reflector 69 has become the continuous wave. One kind is sufficient as the height of heights.

[0026] The reflector 69 is connected with the drain electrode 76 of TFT71 in the contact hole 79. TFT71 is formed in the semi-conductor layer 77 which deposited the gate electrode 73 on wrap gate-dielectric-film 61a. From the gate bus line 72 and the source bus line 74, the gate electrode 73 and the source electrode 75 of TFT71 branch, and are formed, respectively.

[0027] The transparent electrode 166 which consists of a color filter layer 164, ITO, etc. is formed on the glass substrate 162 whose opposite substrate (color filter substrate) 160 is an insulating substrate. The level orientation film (un-illustrating) is formed in the liquid crystal layer 140 side front face of both the substrates 70 and 160. After spreading of the orientation film, orientation processing has been performed so that it may become the twist include angle of hope by rubbing etc. The nematic liquid crystal ingredient which has a forward dielectric anisotropy is used for the liquid crystal layer 140. The liquid crystal molecule of the liquid crystal layer 140 has the tilt angle of 0.1 to about 5 degrees to a substrate side by orientation processing of rubbing to the orientation film of a level stacking tendency etc. Orientation of the liquid crystal molecule is carried out in parallel with a substrate side at the time of no electrical-potential-difference impressing, and it inclines in the direction of a normal of a substrate side at the time of electrical-potential-difference impression.

[0028] The picture element used as the unit of the minimum display of a liquid crystal display 100 has transparency field 120T specified with reflective field 120R specified with a reflector 69, and a transparent electrode 68. The thickness of the liquid crystal layer 140 is  $d_r$  in reflective field 120R, and serves as  $d_t$  ( $d_t > d_r$ ) in transparency field 120T. This is for making almost equal the optical path length of the light (reflected light of a reflective field, and transmitted light of a transparency field) which contributes to a display. What is necessary is just to set up suitably by relation with a display property, although  $d_t = 2d_r$  is desirable. At least, what is necessary is just  $d_t > d_r$ . Typically,  $d_t$  is about 4-6 micrometers, and  $d_r$  is about 2-3 micrometers. That is, the level difference of about 2-3 micrometers is formed in the picture element field of the active-matrix substrate 70. In addition, what is necessary is just to set the average to  $d_r$ , when it has irregularity, as the reflector 69 illustrated. Thus, in the mold liquid crystal display 100 both for reflective transparency, the field (a reflective field and transparency field) where the thickness of the liquid crystal layer 140 differs is formed. In this example, it has reflector field 120R from which height differs on the liquid crystal side front face of the active-matrix substrate 70, and transparency electrode field 120T.

[0029] When manufacturing the liquid crystal display in normally black mode in level orientation mode, control of a cel gap becomes difficult in many cases. So, in this example, in order to take a large process margin, Nor Marie White is employed.

[0030] The detail of the display principle in the normally white mode of the liquid crystal table equipment 100 shown in drawing 1 A is explained referring to drawing 2, drawing 3, and drawing 4. In addition, the case where it has the phase contrast plates (quarter-wave length plate) 170b and 180a for the phase contrast compensation components 170 and 180 to change the phase contrast plates (1/2 wavelength plate) 170a and 180b and the linearly polarized light for color compensation into the circular polarization of light is explained. They are for pressing down coloring of a display, and when it is not necessary to use 1/2 wavelength plates 170a and 180b and also when admitting some coloring, and realizing a colorless display, they are good to use two sheets. What is necessary is just to set these up suitably according to the application of a liquid crystal display. When liquid crystal is made to twist and a transparency field differs in the thickness of a liquid crystal layer from a reflective field, it is easy to generate disclination in the level difference section used as the boundary of these fields. Therefore, the level orientation of 0 degree of twist angles is the most desirable.

[0031] Drawing 2 shows the polarization condition of the light in each class at the time of performing a white display by reflective field 120R.

[0032] With a polarizing plate 172, incident light turns into the linearly polarized light, and carries out incidence to 1/2 wavelength-plate 170a for color compensation. The polarization shaft orientation of \*\*\*\*\* changes in 1/2 wavelength plate 170a, without a polarization condition changing. The linearly polarized light which carried out incidence to quarter-wave length plate 170b after that turns into the circular polarization of light, and carries out incidence to the liquid crystal layer 140. Since the effectual phase contrast of the liquid crystal layer 140 of a white display condition is adjusted to quarter-wave length, the circular polarization of light which carried out incidence turns into the linearly polarized light. It is reflected by the reflecting plate (reflector 69), with a polarization



condition maintained, and incidence of the linearly polarized light which penetrated the liquid crystal layer 140 is again carried out to the liquid crystal layer 140 with it. The linearly polarized light which penetrated the liquid crystal layer 140 again turns into the circular polarization of light, and is further changed into the linearly polarized light by quarter-wave length plate 170b. After passing 1/2 wavelength-plate 170a after that, outgoing radiation is carried out through a polarizing plate 172.

[0033] Drawing 3 shows the polarization condition of the light in each class at the time of performing a black display by reflective field 120R.

[0034] With a polarizing plate 172, incident light turns into the linearly polarized light, and carries out incidence to 1/2 wavelength-plate 170a for color compensation. In 1/2 wavelength plate 170a, the polarization shaft orientation of the linearly polarized light changes, without a polarization condition changing. The linearly polarized light which carried out incidence to quarter-wave length plate 170b after that turns into the circular polarization of light, and carries out incidence to the liquid crystal layer 140. Since the electrical potential difference for a black display is impressed and the effectual phase contrast of the liquid crystal layer 140 is adjusted to 0, the circular polarization of light which carried out incidence is passed as the circular polarization of light as it is. It is reflected maintaining a polarization condition with a reflecting plate 69, and incidence of the circular polarization of light which penetrated the liquid crystal layer 140 is again carried out to the liquid crystal layer 140. The circular polarization of light penetrates the liquid crystal layer 140 again, with a polarization condition maintained, and is changed into the linearly polarized light by quarter-wave length plate 170b. At this time, the polarization direction of the linearly polarized light is rotating 90 degrees compared with the white display condition. Since the linearly polarized light which passed 1/2 wavelength-plate 170a is absorbed with a polarizing plate 172, outgoing radiation of it is not carried out from a liquid crystal display.

[0035] The polarization condition of the light in each class at the time of performing a white display and a black display to drawing 4 by transparency field 120T is shown. In the design of the mold liquid crystal display both for reflective transparency, to reflective field 120R, it opts for the retardation of arrangement of a polarizing plate 172, and the phase contrast compensation components 170a and 170b, and arrangement of a lagging axis, and it is after that and opts for the retardation of the phase contrast compensation components 180a and 180b and arrangement of a lagging axis, and arrangement of a polarizing plate 182 to transparency field 120T. The procedure of this design is made to reflect in drawing 4, and the polarization condition in each class when light carries out incidence from the top polarizing plate 172 prepared in the observer side of a liquid crystal display 100 is shown in it. In addition, although the light used for the display of transparency field 120T is the light from a back light and carries out incidence from the bottom polarizing plate 182, it is actually equivalent to change which also showed change of the polarization condition in each class of the light which carried out incidence from the bottom polarizing plate 182 to drawing 4.

[0036] The fundamental configuration of transparency field 120T is arranged so that it may become a reflection symmetry image to a reflecting plate 69 about the same thing as the configuration of reflective field 120R. Change of the polarization condition by each class and the polarization direction is the same as having explained the reflective field fundamentally. The optical retardation of the liquid crystal layer 140 is adjusted to 1/2 wave (twice of the retardation of reflective field 120R).

[0037] as mentioned above, when displaying by using together reflective field 120R and transparency field 120T, in order to realize the greatest reflective effectiveness and transparency effectiveness 1/2 or more waves of optical retardations of the liquid crystal layer 140 are required of transparency field 120T respectively more than quarter-wave length at reflective field 120R. And the difference of the retardation at the time of the electrical-potential-difference impression for a black display and the retardation at the time of no electrical-potential-difference impressing needs to be 1/2 or more waves in a transparency field more than quarter-wave length in a reflective field.

[0038] Various gestalten can be used in order to realize an above-mentioned optical retardation by reflective field 120R and transparency field 120T. For example, the liquid crystal layer which carried out homogeneous orientation, the liquid crystal layer which carried out twist orientation, the liquid crystal layer which carried out hybrid orientation can be used.

[0039] In addition, when the liquid crystal display mode in which a liquid crystal molecule (some [ at least ] liquid crystal molecules) carries out orientation horizontally to a substrate front face at the time of no electrical-potential-difference impressing is used, the problem that sufficient black display is unrealizable may arise. This problem is explained below.

[0040] If a sufficiently high electrical potential difference is impressed to inter-electrode [ which counters on both sides of a liquid crystal layer ], a liquid crystal molecule will start to a perpendicular (parallel to electric field) to a substrate front face mostly, and the optical retardation of the liquid crystal layer 140 will be set to about 0. However, since the applied voltage at the time of a black display is finite (about [ Typically 5 ] V), orientation of a liquid crystal molecule cannot fully change, but the optical retardation of finite remains in the liquid crystal layer

140. In electrical-potential-difference extent impressed for a drive for the anchoring effectiveness of the orientation film, orientation especially of the liquid crystal molecule near the front face of the orientation film is not carried out perpendicularly, and the retardation of the liquid crystal layer 140 is not set to 0. Consequently, if the liquid crystal display mode in which a liquid crystal molecule (some [ at least ] liquid crystal molecules) carries out orientation horizontally to a substrate front face at the time of no electrical-potential-difference impressing is used, sufficient black display cannot be realized and contrast sufficient as a result will not be acquired.

[0041] In order to solve this problem, about reflective field 120R, it is effective that it can be made to perform a black display by adjusting the optical retardation of a quarter-wave length plate also in the practical electrical-potential-difference range. When the retardation of alpha remains in the liquid crystal layer 140, the lagging axis of quarter-wave length plate 170b is made mostly in agreement in the direction of the effectual lagging axis of the liquid crystal layer 140, and it combines with the optical retardation which remains in the liquid crystal layer 140 at the time of electrical-potential-difference impression by setting the optical retardation of quarter-wave length plate 170b to  $(\lambda / 4 - \alpha)$ , and specifically enables it to be satisfied with the whole liquid crystal cell of quarter-wave length conditions. As other approaches, the direction of the effectual lagging axis of the liquid crystal layer 140 and the lagging axis of quarter-wave length plate 170b are made to cross at right angles, and the optical retardation which remains in the liquid crystal layer 140 is canceled, and it can make it possible to be satisfied with setting the optical retardation of quarter-wave length plate 170b to  $(\lambda / 4 + \alpha)$  of quarter-wave length conditions at the time of electrical-potential-difference impression.

[0042] After setting up the configuration of reflective field 120R as mentioned above about transparency field 120T, the above-mentioned problem is solvable by changing elliptically polarized light into the linearly polarized light, and setting up the polarization shaft of a polarizing plate 182 in the direction which intersects perpendicularly with the polarization shaft of this linearly polarized light by doubling with the optical axis (lagging axis) of quarter-wave length plate 180b at the major axis or minor axis of elliptically polarized light by which outgoing radiation is carried out from transparency field 120T.

[0043] or the case where the retardation of beta remains in transparency field 120T -- the lagging axis of quarter-wave length plate 180a -- the direction of the effectual lagging axis of the liquid crystal layer 140 -- about -- in all [ the optical retardation which remains in the liquid crystal layer 140 at the time of electrical-potential-difference impression by making it do one and making the optical retardation of quarter-wave length plate 180a into  $(\lambda / 4 - (\beta - \alpha))$ , and ] -- it enables it to satisfy 1/2-wave conditions Or the direction of the effectual lagging axis of the liquid crystal layer 140 and the lagging axis of quarter-wave length plate 180a are made to cross at right angles, and at the time of electrical-potential-difference impression, it cancels with the optical retardation which remains in the liquid crystal layer 140, and you may enable it to be satisfied with making the optical retardation of quarter-wave length plate 180a into  $(\lambda / 4 + (\beta - \alpha))$  of 1/2-wave conditions.

[0044] Next, the display property of the mold liquid crystal display both for reflective transparency of the invention in this application is explained. In the liquid crystal display 100 shown in drawing 1, reflective field 120R is shown in drawing 5 , and the relation between twist angle  $\theta$  of the liquid crystal layer 140 in case the phase contrast compensation components 170 and 180 are quarter-wave length plates, and a retardation is shown in drawing 6 about transparency field 120T.

[0045] About a reflective field, if twist angle  $\theta$  is in the range of hatching of drawing 5 in the range of 0 degree  $\leq \theta \leq 90$  degree, 70% or more of use effectiveness will be acquired. the field of hatching of drawing 5  $R > 5$  -- Retardation  $R_d$  (rate of birefringence  $\Delta n$  of a  $R_d = \Delta n \cdot d$ ; liquid crystal layer --) In the range and the range of 0 degree  $\leq \theta \leq 54.3$  degree in which thickness  $d$  of the liquid crystal layer in each field is surrounded with the curve expressed as a formula (1), a formula (2), a formula (3), and a formula (4), respectively In the range surrounded with the curve expressed with a formula (5), a formula (6) and a formula (7), and a formula (8), respectively, and the range of 54.3 degree  $< \theta \leq 90$  degree, it is the range surrounded with the curve expressed with a formula (5) and a formula (8).

$R_d = -0.0043$ ,  $\theta^2 - 0.065$ , and  $\theta + 1011.8$  (1)

$R_d = -0.0089$ ,  $\theta^2 + 0.1379$ , and  $\theta + 914.68$  (2)

$R_d = -0.0015$ ,  $\theta^2 - 0.1612$ , and  $\theta + 737.29$  (3)

$R_d = -0.0064$ ,  $\theta^2 - 0.0043$ , and  $\theta + 640.65$  (4)

$R_d = -0.0178$ ,  $\theta^2 + 0.2219$ , and  $\theta + 458.92$  (5)

$R_d = -0.0405$ ,  $\theta^2 + 0.4045$ , and  $\theta + 364.05$  (6)

$R_d = 0.0347$ ,  $\theta^2 - 0.4161$ , and  $\theta + 186.53$  (7)

$R_d = 0.0098$ ,  $\theta^2 - 0.1912$ , and  $\theta + 89.873$  (8)

On the other hand, about transparency field 120T, if twist angle  $\theta$  is in the range of hatching of drawing 6 in the range of 0 degree  $\leq \theta \leq 90$  degree, 30% or more of use effectiveness will be acquired. The field of hatching of drawing 6 is range where Retardation  $R_d$  is surrounded with the curve expressed as a formula (9), a formula (10), a formula (11), and a formula (12), respectively.

$R_d = -0.0043$ ,  $\theta_2 = -0.065$ , and  $\theta = +995.66$  (9)

$R_d = -0.0058$ ,  $\theta_2 = -0.0202$ , and  $\theta = +665.8$  (10)

$R_d = -0.0248$ ,  $\theta_2 = +0.6307$ , and  $\theta = +439.58$  (11)

$R_d = 0.0181$ ,  $\theta_2 = -0.6662$ , and  $\theta = +109.51$  (12)

At the time of above-mentioned conditions, by impressing an electrical potential difference to a liquid crystal layer enough, a retardation is set to 0 and the high dark display of contrast is realized.

[0046] Furthermore, Retardation  $R_d$  sets in the range whose twist angle  $\theta$  of a reflective field is  $0 \text{ degree} \leq \theta \leq 54.3 \text{ degree}$ . In the range whose retardation  $R_d$  twist angle  $\theta$  of a reflective field is the range surrounded with the curve expressed with a formula (7) and a formula (8), and is  $54.3 \text{ degree} < \theta \leq 90 \text{ degree}$  It considers as the range (double hatching field in drawing 5) surrounded with the curve expressed with a formula (5) and a formula (8). And when twist angle  $\theta$  of a transparency field makes Retardation  $R_d$  the range (double hatching field in drawing 6) surrounded with the curve expressed with a formula (11) and a formula (12) in the 0-degree or more range of 90 degrees or less If it sets up so that the retardation of the liquid crystal layer of a reflective field and a transparency field may be set to 0 and it may become a black display at this time at the time of electrical-potential-difference impression and the same electrical potential difference as a reflective field and a transparency field will be impressed, a good black display will be realized by coincidence.

[0047] The effect to the reflection factor and permeability of a retardation in each twist angle  $\theta$  is shown in drawing 7 and drawing 8, respectively. In drawing 7 and drawing 8, as for previous drawing 5 and previous drawing 6, 70% or more and permeability show [ a reflection factor ] 30% or more of field, respectively.

[0048] Furthermore, as conditions for realizing a white display, the retardation supports choosing the 1st peak from the low retardation side in the white field nearest to 0, i.e., drawing 7, and drawing 8, and, as for the above-mentioned conditions, can also perform a gradation display good. That is, in the intermediate state which changes from a white display to a black display, since brightness (a reflection factor and permeability) carries out monotone reduction, a good gradation display is obtained. If a white display is performed as conditions which realize a white display using the 2nd peak from a low retardation side in drawing 7 and drawing 8, the 1st peak exists in a halftone viewing area, and it cannot consider as a good gradation display.

[0049] Similarly 50% or more of field ( drawing 10 ) and permeability are obtained for the range ( drawing 9 ) and permeability from which a reflection factor becomes 90% or more, and 90% or more of field ( drawing 12 ) is obtained for 70% or more of field ( drawing 11 ) permeability. The formula of the curve which specifies each field is shown below.

More than reflection factor 90%  $R_d = -0.0043$ ,  $\theta_2 = -0.065$ , and  $\theta = +987.57$  (13)

$R_d = -0.0074$ ,  $\theta_2 = +0.049$ , and  $\theta = +938.59$  (14)

$R_d = -0.0043$ ,  $\theta_2 = +0.0282$ , and  $\theta = +712.36$  (15)

$R_d = -0.0061$ ,  $\theta_2 = +0.0564$ , and  $\theta = +662.94$  (16)

$R_d = -0.0192$ ,  $\theta_2 = +0.1721$ , and  $\theta = +435.68$  (17)

$R_d = -0.0347$ ,  $\theta_2 = +0.5085$ , and  $\theta = +387.16$  (18)

$R_d = 0.0217$ ,  $\theta_2 = -0.1589$ , and  $\theta = +162.09$  (19)

The intersection of a formula (18) and a formula (19) is twist angle  $\theta = 69.5 \text{ degree}$   $R_d = 0.0167$ ,  $\theta_2 = -0.4884$ , and  $\theta = +115.56$ . (20)

More than permeability 50%  $R_d = -0.0046$ ,  $\theta_2 = -0.0913$ , and  $\theta = +959.69$  (21)

$R_d = -0.0037$ ,  $\theta_2 = -0.076$ , and  $\theta = +692.65$  (22)

$R_d = -0.0308$ ,  $\theta_2 = +0.5971$ , and  $\theta = +407.2$  (23)

$R_d = 0.0246$ ,  $\theta_2 = -0.7079$ , and  $\theta = +148.65$  (24)

The intersection of a formula (23) and a formula (24) is more than twist angle  $\theta = 81.0 \text{ degree}$  permeability 70%

$R_d = -0.0074$ ,  $\theta_2 = +0.049$ , and  $\theta = +922.41$ . (25)

$R_d = -0.0043$ ,  $\theta_2 = +0.0282$ , and  $\theta = +728.54$  (26)

$R_d = -0.0419$ ,  $\theta_2 = +0.5461$ , and  $\theta = +371.27$  (27)

$R_d = 0.0347$ ,  $\theta_2 = -0.5085$ , and  $\theta = +179.14$  (28)

The intersection of a formula (27) and a formula (28) is more than twist angle  $\theta = 57.5 \text{ degree}$  permeability 90%

$R_d = -0.0127$ ,  $\theta_2 = +0.1931$ , and  $\theta = +877.69$ . (29)

$R_d = 0.0048$ ,  $\theta_2 = -0.4527$ , and  $\theta = +779.34$  (30)

$R_d = -0.0809$ ,  $\theta_2 = +0.809$ , and  $\theta = +323.6$  (31)

$R_d = 0.0404$ ,  $\theta_2 = -0.4045$ , and  $\theta = +226.52$  (32)

Since brightness carries out monotone reduction of the intersection of a formula (31) and a formula (32) in the intermediate state which is setting the retardation and twist angle of a liquid crystal layer as drawing 9, drawing 10, drawing 11, and the double hatching field of drawing 12 further  $\theta = 34.0 \text{ degrees}$  of twist angles, and changes from a white display to a black display, a good gradation display is obtained.

[0050] Although the above-mentioned explanation explained twist orientation, in hybrid orientation, it can think the

same way. Although hybrid orientation makes a single-sided substrate level orientation and makes another side perpendicular orientation, the property at that time turns into the same property as the level orientation whose twist angle  $\theta$  is 0 degree that the optimal retardation at this time should just consider the case where twist angle  $\theta$  is 0 degree, in drawing 5 and drawing 6.

[0051] As a liquid crystal ingredient of the liquid crystal layer 140, it has refractive-index anisotropy  $n=0.06$  and the liquid crystal ingredient in which a forward dielectric constant anisotropy is shown was used.

[0052] the liquid crystal display 100 shown in drawing 1 -- setting -- cel gap  $d_t$  of the liquid crystal layer 140 of transparency field 120T -- cel gap  $d_r$  of the liquid crystal layer 140 of about 5.50 micrometers and reflective field 120R -- about 3.0 micrometers and the twist angle  $\theta$  -- the electrical-potential-difference pair permeability property at the time of vertical-incidence perpendicular light-receiving when using the liquid crystal ingredient in which the forward dielectric constant anisotropy which has refractive-index anisotropy  $n=0.06$  of  $t=0$  degree and the liquid crystal layer 140 is shown, and an electrical-potential-difference pair reflection factor property are shown in drawing 13.

[0053] Drawing 13 is setting part light transmission at the time of vertical-incidence perpendicular light-receiving to air to 1. In this case, since an about  $\alpha=30\text{nm}$  residual retardation is in the liquid crystal layer 140 when applied voltage is 5V in reflective field 120R, Set the retardation of phase contrast compensation component 170b to 110nm, and the lagging axis of phase contrast compensation component 170b is made in agreement with the lagging axis of the liquid crystal layer 140. The lagging axis of phase contrast compensation component 170a and the polarization shaft of a polarizing plate 172 were set up so that the linearly polarized light might carry out incidence in the direction rotated 45 degrees to this lagging axis. The retardation of phase contrast compensation component 180a set to 140nm, and the direction of an optical axis made in agreement the major axis of the elliptically polarized light by which outgoing radiation was carried out from the liquid crystal layer 140, and set up the polarization shaft of a polarizing plate 182 in the direction which changed the polarization direction by phase contrast compensation component 180b, and intersected the changed linearly polarized light perpendicularly with the polarization shaft of this linearly polarized light.

[0054] A property is shown whenever [ in the white display of the mold liquid crystal display both for reflective transparency and black display condition which were acquired by drawing 14 / part luminosity ] (a reflection factor and permeability). In the white display which is not impressing the electrical potential difference to the liquid crystal layer 140, and the black display at the time of electrical-potential-difference 5V impression, drawing 14 shows that sufficient contrast ratio is obtained from 400nm in the 700nm wavelength region whole region. This also shows that the use effectiveness of light is high and this means of displaying is suitable for the mold liquid crystal display both for reflective transparency.

[0055] Therefore, when a surrounding light is dark, it is used as a transparency mold liquid crystal display displayed using the light which penetrates transparence field 120T using a back light, and when an ambient light is bright, a display becomes possible as a reflective mold liquid crystal display displayed using the reflected light in reflective field 120R. Moreover, since a reflective field displays reflective mode also when displaying by the transparent mode, the phenomenon seen with the conventional transparency mold liquid crystal display in which an ambient light reflects in the pictures and a display becomes hard to see is controlled.

[0056] Therefore, even if it uses an ambient light using a back light, without using a back light when an ambient light is bright or uses both a back light and the reflected light by the case where a surrounding light is dark, by one panel, it becomes possible to use as a mold liquid crystal display both for reflective transparency which can be displayed.

[0057] Therefore, by using a back light, if a surrounding light is dark like the conventional reflective mold liquid crystal display, the fault that sufficient display is not obtained is conquerable [ when an ambient light is brighter than the conventional transparency mold liquid crystal display, it is a part low power not using a back light and ] with the case where a surrounding light is dark.

[0058] Moreover, although the case of a white display and a black display was explained, the color filter of each color can be prepared in the correspondence part of a reflective field or a transparency field, and color display can also be performed.

[0059] It is desirable in the reflective section and the transparency section for the applied-voltage dependency (the so-called gamma characteristics) of a reflection factor and permeability to be almost equivalent.

[0060] Next, the cel gap  $d_r$  of the liquid crystal layer 140 of reflective field 120R = the relation of the retardation  $R_d$  pair reflection factor of quarter-wave length plate 170b ( drawing 4 ) in reflective field 120R at the time of using the liquid crystal ingredient in which about 3.0 micrometers, twist angle  $\theta=0$  degree of a liquid crystal layer, and the forward dielectric constant anisotropy that has refractive-index anisotropy  $n=0.06$  of the liquid crystal layer 140 are shown is shown in drawing 15 (a) and (b). When drawing 15 (a) prepares the lagging axis of quarter-wave length plate 170b in the parallel direction to the lagging axis of the liquid crystal layer 140, drawing 15 (b) shows the result at the time of preparing the lagging axis of quarter-wave length plate 170b in the perpendicular

direction to the lagging axis of the liquid crystal layer 140. In addition, this examination is performed about the wavelength of 550nm from which the visibility to light serves as max.

[0061] In Nor Marie White's liquid crystal display, brightness in the time of an electrical potential difference OFF is made desirable [ that it is about 50% or more ] to the ideal reflection factor. Therefore, the retardation Rd of drawing 15 (a) and (b) to reflective accumbency phase differential plate 170b is understood that it is desirable that it is the 30nm or more range of 250nm or less. This reason is explained below.

[0062] The setting include angle V of the lagging axis of a phase contrast plate and the lagging axis of a liquid crystal phase, the retardation of a phase contrast plate, and the relation of brightness (reflection factor) become like drawing 17 . The curve of a convex mold which made the ideal reflection factor the peak (100%) exists about each laying temperature ( $0 \leq V \leq 90$ ), and a curve will be shifted rightward (positive direction of the X-axis), if laying temperature V becomes large. The lower limit of the optimal retardation is decided by the condition ( $V = 0$ ) of having arranged in parallel, and the upper limit of the optimal retardation is decided by the condition ( $V = 90$ ) of having arranged perpendicularly. The results of having performed detailed examination about each are drawing 15 (a) and drawing 15 (b).

[0063] That is, if 30nm or more range of the retardation of a phase contrast plate is 250nm or less, a good white display and a black display will be attained by setting the lagging axis of a phase contrast plate, and the lagging axis of a liquid crystal phase as a suitable include angle. In other words, if the retardation of a phase contrast plate is 250nm or more, however the retardation of 30nm or less or a phase contrast plate may adjust the setting include angle V, it cannot perform a good white display.

[0064] Then, since it is desirable to form a phase contrast plate further in order to raise a contrast ratio, 1/2 wavelength-plate 170a is inserted between above-mentioned phase contrast plate 170b and a polarizing plate 172. The relation of the retardation Rd pair contrast ratio of 1/2 wavelength-plate 170a in reflective field 120R is shown in drawing 15 (c). Wavelength examined 380 to 780nm, and the contrast ratio obtained the result of drawing 15 (c) in consideration of visibility by making it negotiate with the result about a visibility curve.

[0065] If visibility is taken into consideration, as a reflective mold liquid crystal display, a contrast ratio will be made desirable [ that it is about ten or more ]. Therefore, the retardation Rd of 1/2 wavelength-plate 170a is understood that it is desirable that it is the 220nm or more range of 330nm or less from drawing 15 (c).

[0066] After setting up reflective field 120R preferentially as mentioned above, display grace of the liquid crystal display in transparency field 120T was examined further. The cel gap dt of the liquid crystal layer 140 of transparency field 120T = the relation of the retardation Rd pair contrast ratio of quarter-wave length plate 180a ( drawing 4 ) at the time of using the liquid crystal ingredient in which about 5.5 micrometers, twist angle  $\theta = 0$  degree of a liquid crystal layer, and the forward dielectric constant anisotropy that has refractive-index anisotropy  $n_o - n_e = 0.06$  of the liquid crystal layer 140 are shown is shown in drawing 16 (a). In addition, the calculation result of a contrast ratio shown in drawing 16 (a) was performed like above-mentioned reflective field 120R.

[0067] If visibility is taken into consideration, as a transparency mold liquid crystal display, it is desirable that a contrast ratio is about 100 or more. Therefore, the retardation of phase contrast plate 180a is understood that it is desirable to set it as 120nm or more 150nm or less from drawing 16 (a).

[0068] In order to raise a contrast ratio further in transparency field 120T, it is desirable to insert 1/2 wavelength-plate 180b for color compensation between quarter-wave length plate 180a and a polarizing plate 182 (between the polarization shafts of the linearly polarized light and the polarization shafts of a polarizing plate 182 by which outgoing radiation was carried out from quarter-wave length plate 180a). Drawing 16 (b) which shows the relation of the retardation Rd pair contrast ratio of 1/2 wavelength-plate 180b shows that it is desirable to set the retardation of 1/2 wavelength-plate 180b as 240nm or more 310nm or less so that a contrast ratio may fill about 100 or more.

[0069] If the twist angle of a liquid crystal molecule is 0 degree as mentioned above, even if the level difference of cel thickness is in a picture element field, it will be hard to generate disclination, and the orientation of a liquid crystal molecule will become good. Thus, in the condition that the twist angle of a liquid crystal layer is 0 degree, if the retardation of the above liquid crystal layers and the retardation of four kinds of phase contrast plates 170a, 170b, 180a, and 180b are set up, each display property of the reflective mode of a liquid crystal display and the transparent mode can be raised most. In addition, the priority which contributes to the display property of the four above-mentioned kinds of phase contrast plates is the phase contrast plates 170b, 170a, 180a, and 180b, and phase contrast plate 170b is the most important requirements for a configuration. It is desirable to improve the display in reflective mode preferentially so that the above-mentioned priority may show.

[0070]

[Effect of the Invention] As mentioned above, the high display of contrast is attained in the display equipped with reflective mode and the transparent mode. Moreover, when reflective mode and the transparent mode are used together, even if a black display is attained at coincidence and it both uses together, the high display of contrast is attained. Moreover, the gradation display to the black display from a white display is attained by changing applied voltage and changing the retardation value of a liquid crystal layer. Moreover, since the retardation of the liquid

crystal layer of a reflective field and a transparency field can be optimized independently, it becomes possible to drive the liquid crystal layer of a transparency field and a reflective field on this electrical potential difference to coincidence. For this reason, the display in reflective mode and the display of the transparent mode can be performed by the same drive, without being influenced by the surrounding environment. Therefore, according to a surrounding environment, it is not necessary to change a display mode.

---

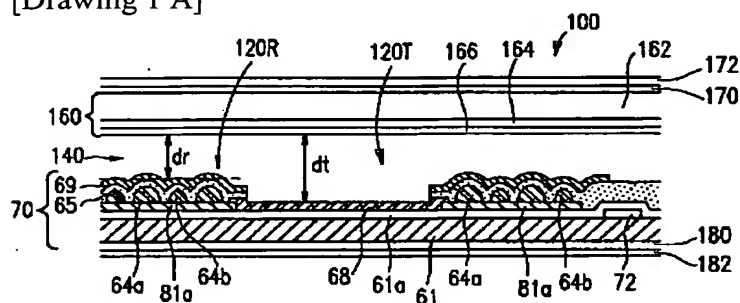
[Translation done.]



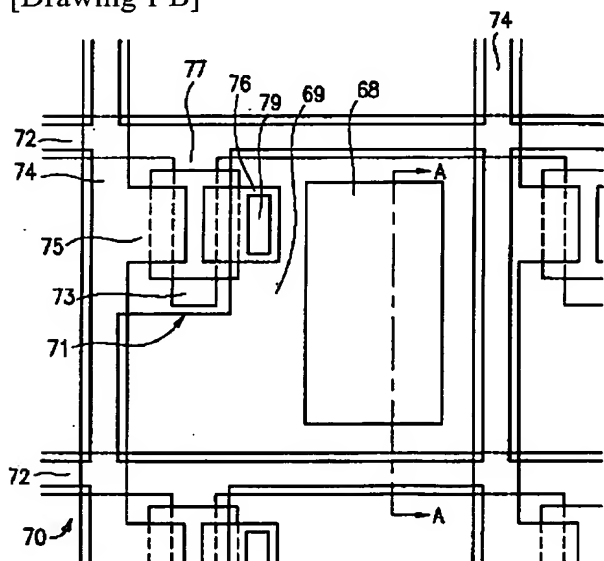
JPO and NCIPI are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.  
2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.  
3.In the drawings, any words are not translated.

[Drawing 1 A]

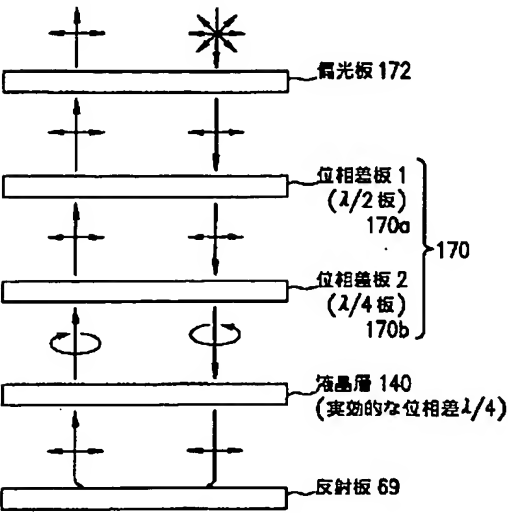


[Drawing 1 B]



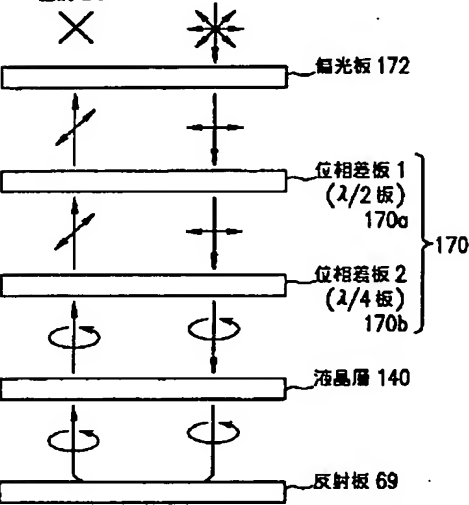
[Drawing 2]





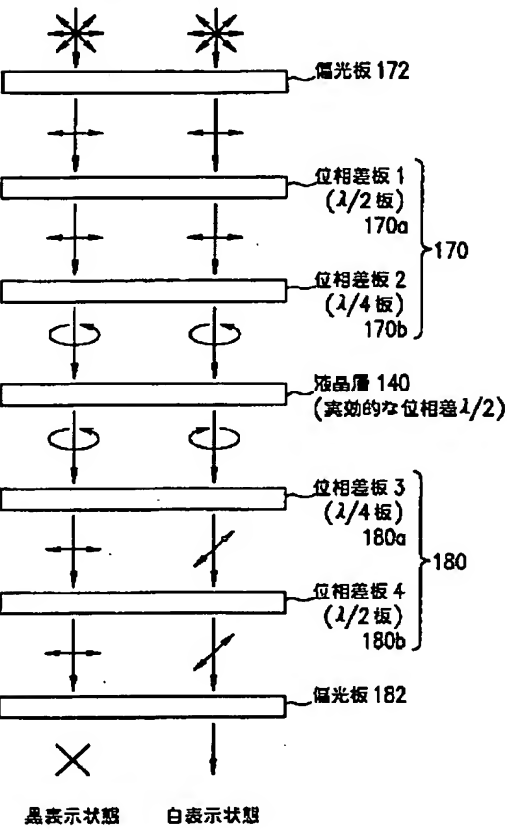
白表示状態

[Drawing 3]  
出射せず

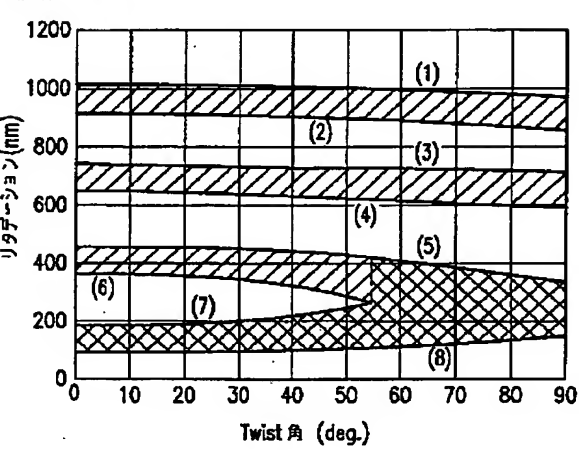


黒表示状態

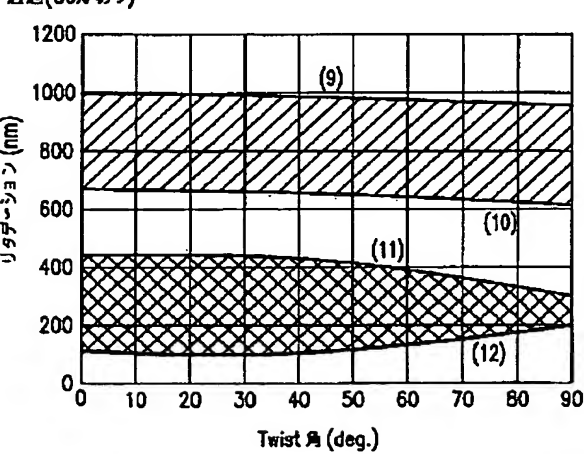
[Drawing 4]



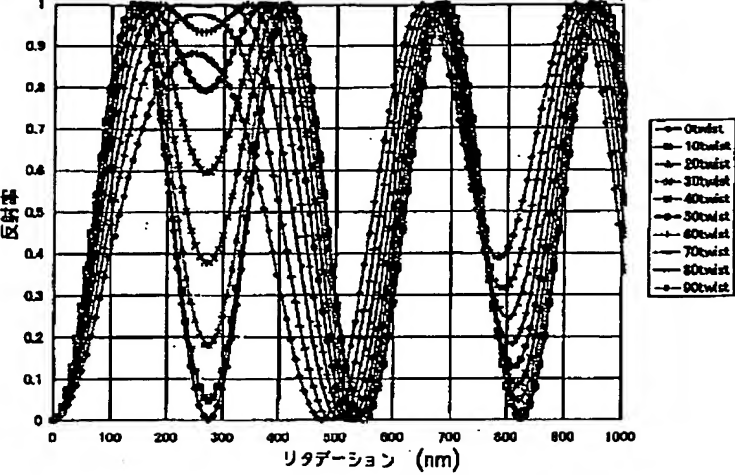
[Drawing 5]



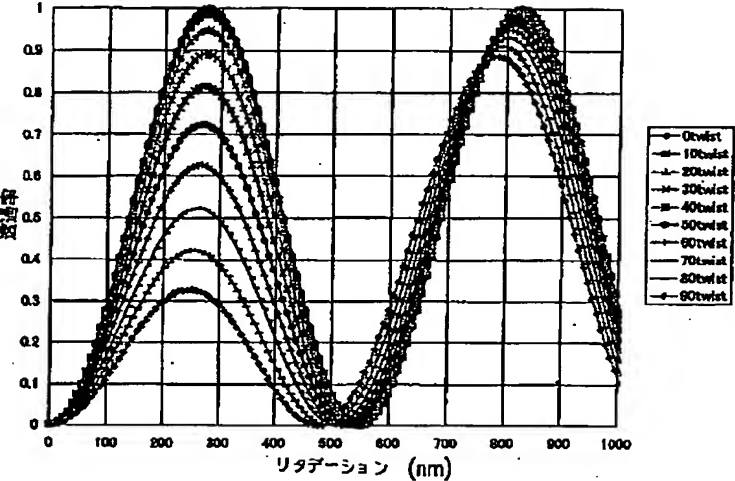
[Drawing 6]



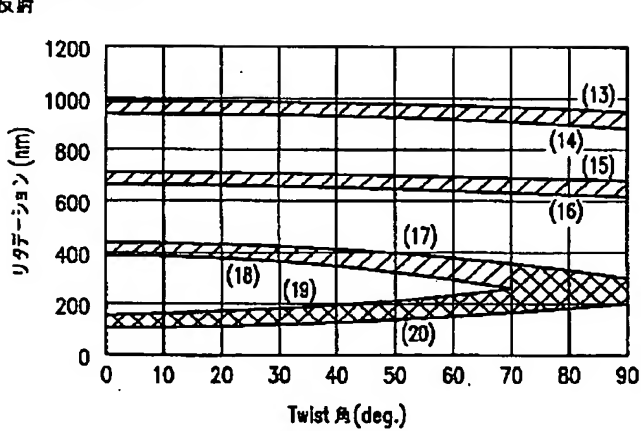
[Drawing 7]



[Drawing 8]

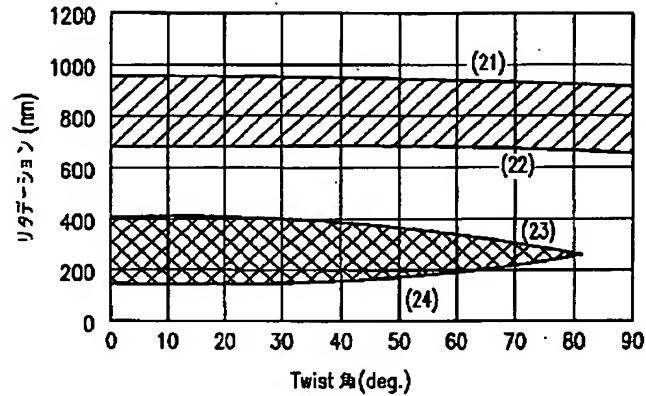


[Drawing 9]



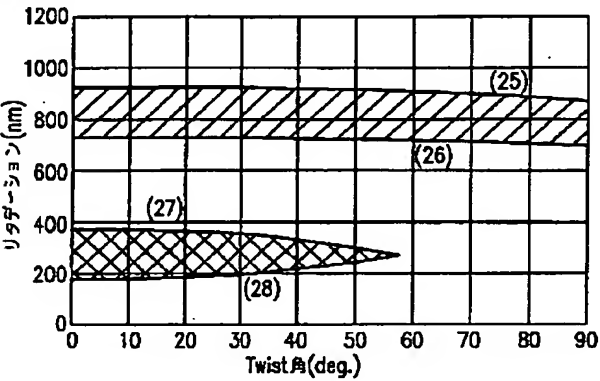
[Drawing 10]

透視



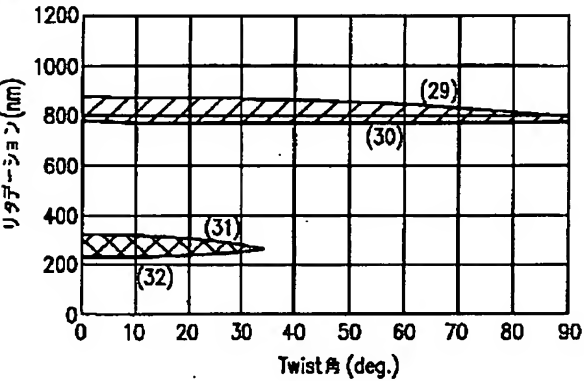
[Drawing 11]

透視

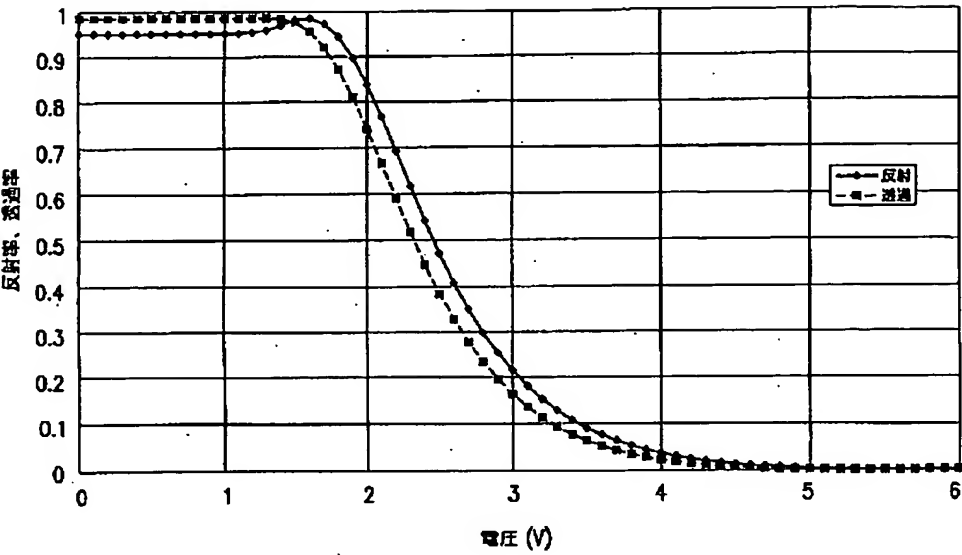


[Drawing 12]

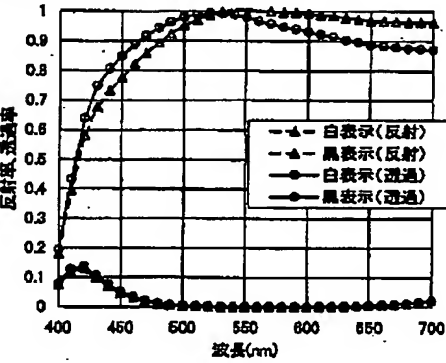
透視



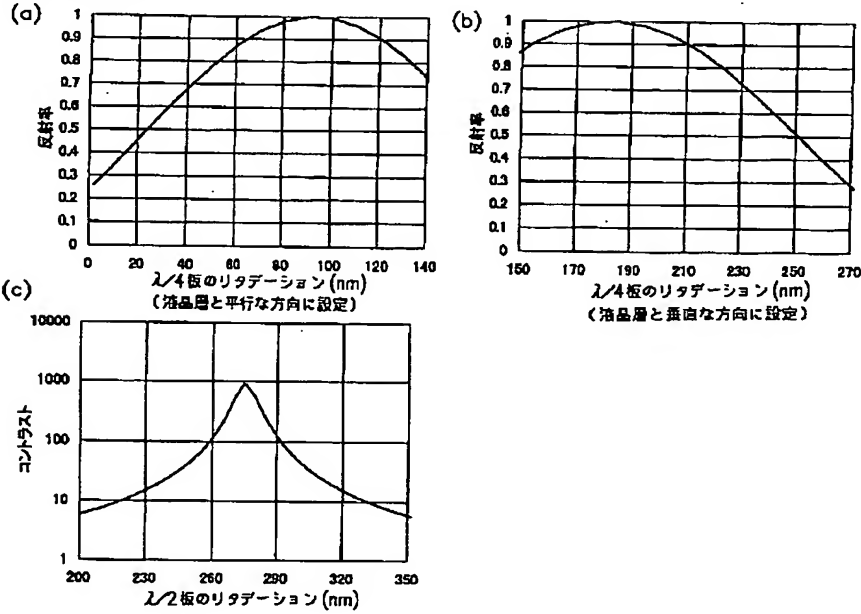
[Drawing 13]



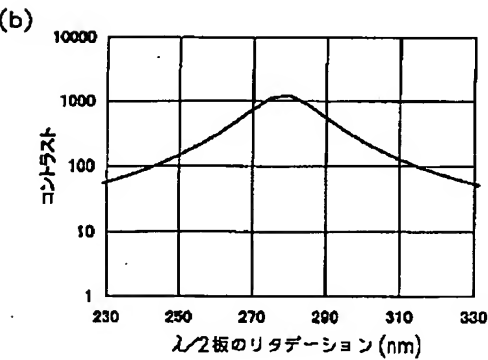
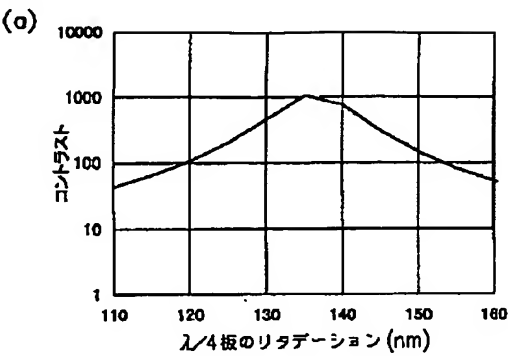
[Drawing 14]



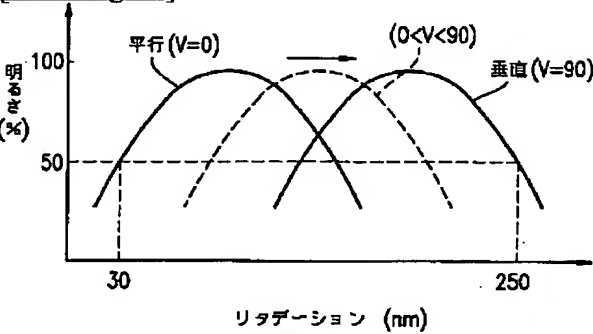
[Drawing 15]



[Drawing 16]



[Drawing 17]



[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-187220

(P2000-187220A)

(43) 公開日 平成12年7月4日(2000.7.4)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テマコト(参考)
G 0 2 F 1/13363		G 0 2 F 1/1335	6 1 0 2 H 0 9 1
1/1335	5 2 0		5 2 0

審査請求 未請求 請求項の数7 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願平11-80586

(22) 出願日 平成11年3月24日(1999.3.24)

(31) 優先権主張番号 特願平10-294311

(32) 優先日 平成10年10月15日(1998.10.15)

(33) 優先権主張国 日本(J P)

(71) 出願人 000005049

シャープ株式会社

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号

(72) 発明者 清水 雅宏

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シャープ株式会社内

(72) 発明者 伊藤 康尚

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シャープ株式会社内

(74) 代理人 100078282

弁理士 山本 秀策

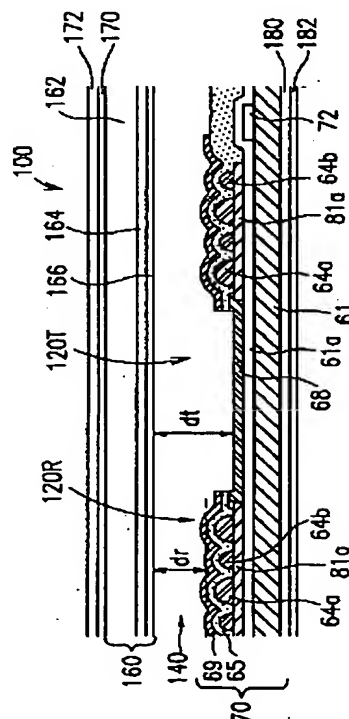
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 液晶表示装置

(57) 【要約】

【課題】 量産性にすぐれ、周囲光の明るさによらず、良好な表示が可能な液晶表示装置を提供する。

【解決手段】 複数の絵素領域毎に、反射領域と透過領域とを有し、該液晶層は、正の誘電率異方性を有する液晶材料からなり、第1基板の液晶層とは反対側に設けられた第1偏光素子と、第2基板の液晶層とは反対側に設けられた第2偏光素子と、第1偏光素子と液晶層との間に設けられた第1位相差補償素子と、第2偏光素子と液晶層との間に設けられた第2位相差補償素子とを有し、液晶層のツイスト角 $\theta_t$ は $0^\circ$ 以上 $90^\circ$ 以下であり、液晶層のリタレーションが反射領域と透過領域において独立に最適化されている。





(2)

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 第1及び第2基板と、該第1基板と該第2基板との間に挟持された液晶層とを有し、該液晶層に電圧を印加する一対の電極によって規定される複数の絵素領域を有する液晶表示装置であって、

該複数の絵素領域毎に、反射領域と透過領域とを有し、該液晶層は、正の誘電率異方性を有する液晶材料からなり、

該第1基板の該液晶層とは反対側に設けられた第1偏光素子と、

該第2基板の該液晶層とは反対側に設けられた第2偏光素子と、

該第1偏光素子と該液晶層との間に設けられた第1位相差補償素子と、

該第2偏光素子と該液晶層との間に設けられた第2位相\*

$$Rd = -0.0043 \cdot \theta_t^2 - 0.065 \cdot \theta_t + 1011.8 \quad (1)$$

$$Rd = -0.0089 \cdot \theta_t^2 + 0.1379 \cdot \theta_t + 914.68 \quad (2)$$

$$Rd = -0.0015 \cdot \theta_t^2 - 0.1612 \cdot \theta_t + 737.29 \quad (3)$$

$$Rd = -0.0064 \cdot \theta_t^2 - 0.0043 \cdot \theta_t + 640.65 \quad (4)$$

$$Rd = -0.0178 \cdot \theta_t^2 + 0.22219 \cdot \theta_t + 458.92 \quad (5)$$

$$Rd = -0.0405 \cdot \theta_t^2 + 0.4045 \cdot \theta_t + 364.05 \quad (6)$$

$$Rd = 0.0347 \cdot \theta_t^2 - 0.4161 \cdot \theta_t + 186.53 \quad (7)$$

$$Rd = 0.0098 \cdot \theta_t^2 - 0.1912 \cdot \theta_t + 89.873 \quad (8)$$

$$Rd = -0.0043 \cdot \theta_t^2 - 0.065 \cdot \theta_t + 995.66 \quad (9)$$

$$Rd = -0.0058 \cdot \theta_t^2 - 0.0202 \cdot \theta_t + 665.8 \quad (10)$$

$$Rd = -0.0248 \cdot \theta_t^2 + 0.6307 \cdot \theta_t + 439.58 \quad (11)$$

$$Rd = 0.0181 \cdot \theta_t^2 - 0.6662 \cdot \theta_t + 109.51 \quad (12)$$

である、液晶表示装置。

【請求項2】 前記リタデーション $Rd$ が、反射領域のツイスト角 $\theta_t$ が $0^\circ \leq \theta_t \leq 54.3^\circ$ の範囲において、上記式(7)および上記式(8)で表される曲線で包囲される範囲、および前記リタデーション $Rd$ が、反射領域のツイスト角 $\theta_t$ が $54.3^\circ < \theta_t \leq 90^\circ$ の範囲において、上記式(5)および上記式(8)で表される曲線で包囲される範囲とし、且つ、

前記透過領域のツイスト角 $\theta_t$ が $0^\circ$ 以上 $90^\circ$ 以下の範囲において、前記リタデーションが上記式(11)と上記式(12)とで表される曲線で包囲される範囲にある、請求項1に記載の液晶表示装置。

【請求項3】 前記反射領域と前記透過領域は、同じ液晶材料からなる液晶層を有し、

該反射領域の該液晶層の厚さは、該透過領域の該液晶層の厚さよりも小さい、請求項1に記載の液晶表示装置。

【請求項4】 前記第1位相差補償素子は、第1の位相差板を有し、前記液晶層のツイスト角 $\theta_t$ が $0^\circ$ で、前記反射領域のリタデーション $Rd$ が $90\text{nm} \leq Rd \leq 187\text{nm}$ であり、前記透過領域のリタデーション $Rd$ が $110\text{nm} \leq Rd \leq 440\text{nm}$ であり、かつ、該第1位相差板のリタデーション $Rd$ が $30\text{nm} \leq Rd \leq 250\text{nm}$ の範囲である請求項2に記載の液晶表示装置。

\* 差補償素子とを有し、

該液晶層のツイスト角 $\theta_t$ は $0^\circ$ 以上 $90^\circ$ 以下であり、

該反射領域の該液晶層の可視光領域のリタデーション $Rd$ とツイスト角 $\theta_t$ が、式(1)と式(2)、式(3)と式(4)とでそれぞれ表される曲線で包囲される範囲、 $0^\circ \leq \theta_t \leq 54.3^\circ$ の範囲において、式(5)と式(6)および式(7)と式(8)とでそれぞれ表される曲線で包囲される範囲、および $54.3^\circ < \theta_t \leq 90^\circ$ の範囲において、式(5)と式(8)とでそれぞれ表される曲線で包囲される範囲であり、且つ、

該透過領域の該液晶層の可視光領域のリタデーション $Rd$ とツイスト角 $\theta_t$ が、式(9)と式(10)、式(11)と式(12)とでそれぞれ表される曲線で包囲される範囲であり、それぞれの式が

【請求項5】 前記第1位相差補償素子は、さらに第2の位相差板を有し、該第2位相差板のリタデーション $Rd$ が $220\text{nm} \leq Rd \leq 330\text{nm}$ の範囲である請求項4に記載の液晶表示装置。

【請求項6】 前記第2位相差補償素子は、第3の位相差板を有し、該第3の位相差板のリタデーション $Rd$ が $120\text{nm} \leq Rd \leq 150\text{nm}$ の範囲である請求項5に記載の液晶表示装置。

【請求項7】 前記第2位相差補償素子は、さらに、第4の位相差板を有し、該第4の位相差板のリタデーション $Rd$ が $240\text{nm} \leq Rd \leq 310\text{nm}$ の範囲である請求項6に記載の液晶表示装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は液晶表示装置に関し、特に反射モードの表示と透過モードの表示を行うことが可能な、反射透過両用型の液晶表示装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 従来、液晶表示装置には、周囲光を利用する反射型表示装置、バックライト光を利用する透過型表示装置、ハーフミラーとバックライトを備えた半透過型表示装置があった。

【0003】 反射型液晶表示装置は、薄暗い環境下では

(3)

3

表示が見えにくくなり、透過型液晶表示装置は、周囲光が強い、例えば屋外など太陽光のもとでは、表示がかすんで見えにくくなるという欠点があった。どのような環境下でも良好な表示ができるように、これらの両方の表示モードを併用した液晶表示装置として、特開平7-333598号公報は、半透過型液晶表示装置を開示している。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記の従来の半透過型液晶表示装置には、下記の問題があった。従来の半透過型液晶表示装置は、反射型液晶表示装置における反射板に代えてハーフミラーを用い、微少な透過領域（例えば、金属薄膜中の微少な穴）を反射領域内に設け、反射光とともに透過光を利用して表示を行っている。表示に用いられる反射光と透過光は同じ液晶層を通過するので、反射光の光路は透過光の光路の2倍となり、反射光と透過光に対する液晶層のリタデーションが大きく異なるので、良好な表示を得ることができなかった。また、反射モードと透過モードの表示が重畳されているので、反射モードの表示と透過モードの表示を個別に最適化できないので、カラー表示が困難であったり、ぼやけた表示になるという問題があった。

【0005】本発明は、上記課題を解決するためになされたものであり、本発明の目的は、量産性にすぐれ、周囲光の明るさによらず、良好な表示が可能な液晶表示装置を提供することにある。

\*

$$Rd = -0.0043 \cdot \theta_t^2 - 0.065 \cdot \theta_t + 1011.8 \quad (1)$$

$$Rd = -0.0089 \cdot \theta_t^2 + 0.1379 \cdot \theta_t + 914.68 \quad (2)$$

$$Rd = -0.0015 \cdot \theta_t^2 - 0.1612 \cdot \theta_t + 737.29 \quad (3)$$

$$Rd = -0.0064 \cdot \theta_t^2 - 0.0343 \cdot \theta_t + 640.65 \quad (4)$$

$$Rd = -0.0178 \cdot \theta_t^2 + 0.2219 \cdot \theta_t + 458.92 \quad (5)$$

$$Rd = -0.0405 \cdot \theta_t^2 + 0.4045 \cdot \theta_t + 364.05 \quad (6)$$

$$Rd = 0.0347 \cdot \theta_t^2 - 0.4161 \cdot \theta_t + 186.53 \quad (7)$$

$$Rd = 0.0098 \cdot \theta_t^2 - 0.1912 \cdot \theta_t + 89.873 \quad (8)$$

$$Rd = -0.0043 \cdot \theta_t^2 - 0.065 \cdot \theta_t + 995.66 \quad (9)$$

$$Rd = -0.0058 \cdot \theta_t^2 - 0.0202 \cdot \theta_t + 665.8 \quad (10)$$

$$Rd = -0.0248 \cdot \theta_t^2 + 0.6307 \cdot \theta_t + 439.58 \quad (11)$$

$$Rd = 0.0181 \cdot \theta_t^2 - 0.6662 \cdot \theta_t + 109.51 \quad (12)$$

であり、そのことによって上記目的が達成される。

【0007】前記リタデーションRdが、反射領域のツイスト角 $\theta_t$ が $0^\circ \leq \theta_t \leq 54.3^\circ$ の範囲において、上記式(7)および上記式(8)で表される曲線で包囲される範囲、および前記リタデーションRdが、反射領域のツイスト角 $\theta_t$ が $54.3^\circ < \theta_t \leq 90^\circ$ の範囲において、上記式(5)および上記式(8)で表される曲線で包囲される範囲とし、且つ、前記透過領域のツイスト角 $\theta_t$ が $0^\circ$ 以上 $90^\circ$ 以下の範囲において、前記リタデーションが上記式(11)と上記式(12)とで表される曲線で包囲される範囲にあることが好ましい。

【0008】前記反射領域と前記透過領域は、同じ液晶

4

## \*【0006】

【課題を解決するための手段】本発明の液晶表示装置は、第1及び第2基板と、該第1基板と第2基板との間に挟持された液晶層とを有し、該液晶層に電圧を印加する一対の電極によって規定される複数の絵素領域を有する液晶表示装置であって、該複数の絵素領域毎に、反射領域と透過領域とを有し、該液晶層は、正の誘電率異方性を有する液晶材料からなり、該第1基板の該液晶層とは反対側に設けられた第1偏光素子と、該第2基板の該液晶層とは反対側に設けられた第2偏光素子と、該第1偏光素子と該液晶層との間に設けられた第1位相差補償素子と、該第2偏光素子と該液晶層との間に設けられた第2位相差補償素子とを有し、該液晶層のツイスト角 $\theta_t$ は $0^\circ$ 以上 $90^\circ$ 以下であり、該反射領域の該液晶層の可視光領域のリタデーションRdとツイスト角 $\theta_t$ が、式(1)と式(2)、式(3)と式(4)とでそれぞれ表される曲線で包囲される範囲、 $0^\circ \leq \theta_t \leq 54.3^\circ$ の範囲において、式(5)と式(6)および式(7)と式(8)とでそれぞれ表される曲線で包囲される範囲、および $54.3^\circ < \theta_t \leq 90^\circ$ の範囲において、式(5)と式(8)で表される曲線で包囲される範囲であり、且つ、該透過領域の該液晶層の可視光領域のリタデーションRdとツイスト角 $\theta_t$ が、式(9)と式(10)、式(11)と式(12)でそれぞれ表される曲線で包囲される範囲であり、上記のそれぞれの式が、

材料からなる液晶層を有し、該反射領域の該液晶層の厚さは、該透過領域の該液晶層の厚さよりも小さいことが好ましい。

【0009】前記第1位相差補償素子は、第1の位相差板を有し、前記液晶層のツイスト角 $\theta_t$ が $0^\circ$ で、前記反射領域のリタデーションRdが $90\text{nm} \leq Rd \leq 187\text{nm}$ であり、前記透過領域のリタデーションRdが $110\text{nm} \leq Rd \leq 440\text{nm}$ であり、かつ、該第1位相差板のリタデーションRdが $30\text{nm} \leq Rd \leq 250\text{nm}$ の範囲であってもよい。

【0010】前記第1位相差補償素子は、さらに第2の位相差板を有し、該第2位相差板のリタデーションRd

50

(4)

5

が  $220\text{ nm} \leq R_d \leq 330\text{ nm}$  の範囲であってもよい。

【0011】前記第2位相差補償素子は、第3の位相差板を有し、該第3の位相差板のリタレーション  $R_d$  が  $120\text{ nm} \leq R_d \leq 150\text{ nm}$  の範囲であってもよい。

【0012】前記第2位相差補償素子は、さらに、第4の位相差板を有し、該第4の位相差板のリタレーション  $R_d$  が  $240\text{ nm} \leq R_d \leq 310\text{ nm}$  の範囲であってもよい。

【0013】以下、本発明の作用について説明する。まず、本願明細書で用いる用語の定義を説明する。反射透過両用型液晶表示装置において、透過光を用いて表示を行う領域を透過領域、反射光を利用して表示を行う領域を反射領域とそれぞれ呼ぶ。透過領域および反射領域は、それぞれ、基板上に形成された透過電極領域および反射電極領域と、一對の基板に挟持された液晶層とを含む。基板上の透過電極領域および反射電極領域が、反射領域および透過領域の2次元的な広がりをもそれぞれ規定する。透過電極領域は、典型的には透明電極によって規定される。反射電極領域は、反射電極または、透明電極と反射電極との組み合わせによって規定され得る。

【0014】本発明の液晶表示装置は、絵素領域ごとに反射領域と透過領域とを有する。従って、反射領域と透過領域についてそれぞれ独立に液晶層のリタレーションを最適化することができる。具体的には、反射領域の液晶層のリタレーションを式(1)と式(2)、式(3)と式(4)、式(5)と式(6)、式(7)と式(8)でそれぞれ表される曲線で包囲される範囲(図5のハッチング領域(ダブルハッチング領域を含む))に設定し、透過領域の液晶層のリタレーションを式(9)と式(10)、式(11)と式(12)とで包囲される範囲に(図6中のハッチング領域(ダブルハッチング領域を含む))に設定することによって、反射領域の明るさ(反射率)を70%以上、透過領域の明るさ(透過率)を30%以上とすることができる。

【0015】これらのリタレーションの条件は、可視光の中心波長(視感度が高い)  $550\text{ nm}$  の波長に対して満足することが好ましい。更に、可視光の全ての波長範囲( $400\text{ nm}$ 以上 $800\text{ nm}$ 以下)について満足することがより好ましい。

【0016】さらに、ツイスト角  $\theta_t$  は、 $0^\circ \sim 90^\circ$  の範囲にあるので、1回のラビング処理で、液晶層の厚さが異なる反射領域および透過領域の両方の領域のツイスト角を同じにできる。反射領域と透過領域のツイスト角が異なるようにするには、2つの領域に別々にラビングをしなければならず、製造プロセスが複雑になるという問題が生じる。

【0017】さらに、前記リタレーション  $R_d$  が、反射領域のツイスト角  $\theta_t$  が  $0^\circ \leq \theta_t \leq 54.3^\circ$  の範囲において、上記式(7)および上記式(8)で表される曲

6

線で包囲される範囲、および前記リタレーション  $R_d$  が、反射領域のツイスト角  $\theta_t$  が  $54.3^\circ < \theta_t \leq 90^\circ$  の範囲において、リタレーションを式(5)と式

(8)とで表される曲線で包囲される範囲(図5中のダブルハッチング領域)とし、且つ、透過領域のツイスト角  $\theta_t$  が  $0^\circ$  以上  $90^\circ$  以下の範囲においてリタレーションを式(11)と式(12)とで表される曲線で包囲される範囲(図6中のダブルハッチング領域)とすることによって、電圧印加時に、反射領域および透過領域の液晶層のリタレーションは0となり、このとき黒表示となるように設定すれば、反射領域および透過領域に同じ電圧を印加することで、同時に良好な黒表示が実現される。さらに、上記の条件は、白表示を実現するための条件として、リタレーションが0に最も近い白領域(図7、図8における低リタレーション側から第1ピーク)を選択することに対応し、階調表示も良好に行える。すなわち、白表示から黒表示へ変化する中間状態において、明るさ(反射率および透過率)が単調減少するので、良好な階調表示が得られる。もし、白表示を実現する条件として、図7および図8における、低リタレーション側からの第2ピークに、白領域を設定すれば、中間調表示領域に第1ピークが存在して、良好な階調表示とすることができない。

【0018】透過領域と反射領域の液晶層を同一の液晶材料で構成した方が、液晶材料の種類を変える場合よりも、構成や製造方法が簡略される。反射領域と透過領域とでそれぞれ異なるリタレーションを設定するために、反射領域と透過領域の液晶層の厚さを変えるのが有効である。さらに、反射領域と透過領域とにおける表示に寄与する光に対する光路長を一致させるためには、透過領域の液晶層の厚さを反射領域の液晶層の厚さよりも厚くするのが有効である。透過領域の液晶層の厚さが反射領域の液晶層の厚さの2倍であることが最も好ましい。

【0019】第1位相差補償素子が第1の位相差板を有し、液晶層のツイスト角  $\theta_t$  が  $0^\circ$  で、反射領域のリタレーション  $R_d$  が  $90\text{ nm} \leq R_d \leq 187\text{ nm}$  であり、透過領域のリタレーション  $R_d$  が  $110\text{ nm} \leq R_d \leq 440\text{ nm}$  であり、かつ、第1位相差板のリタレーション  $R_d$  が  $30\text{ nm} \leq R_d \leq 250\text{ nm}$  の範囲であれば、反射領域の表示を明るく、高コントラスト比を有するノーマリホワイトモードで実現することができる。

【0020】第1位相差補償素子が第1の位相差板に加えて、第2の位相差板を有し、この第2位相差板のリタレーション  $R_d$  が  $220\text{ nm} \leq R_d \leq 330\text{ nm}$  の範囲であれば、反射領域の波長特性が緩和されるので、さらに高コントラストな表示を行うことができる。

【0021】第2位相差補償素子が第3の位相差板を有し、第3の位相差板のリタレーション  $R_d$  が  $120\text{ nm} \leq R_d \leq 150\text{ nm}$  の範囲であれば、透過領域においても、暗時の最適化が行われるので、さらに高コントラスト

(5)

7

トな表示を行うことができる。

【0022】第2位相差補償素子が第3の位相差板に加えて、第4の位相差板を有し、この第4の位相差板のリタデーション $R_d$ が $240\text{ nm} \leq R_d \leq 310\text{ nm}$ の範囲であれば、透過領域の波長特性が緩和されるので、さらに高コントラストな表示を行うことができる。

【0023】

【発明の実施の形態】本発明の実施形態1における反射透過両用型液晶表示装置100の部分断面図を図1Aに示す。また、図1Bに、液晶表示装置100のアクティブマトリクス基板70の上面図を示す。図1Aは図1BのA-A線に沿った断面図に相当する。

【0024】図1Aに示したように、液晶表示装置100は、アクティブマトリクス基板70と対向基板（カラーフィルタ基板）160と、これらの間に挟持された液晶層140とを有している。アクティブマトリクス基板70および対向基板160の液晶層140とは反対側の表面には、それぞれ位相差補償素子（位相差板や位相差フィルムおよびこれらの積層体など）170および180が設けられている。さらに、これらを挟持するように、位相差補償素子170および180の外側に偏光素子（偏光板や偏光フィルムなど）172および182が設けられている。

【0025】図1Aおよび図1Bに示したように、反射透過両用型のアクティブマトリクス基板70は、絶縁基板であるガラス基板61の上に、走査線としての複数のゲートバスライン72および信号線としてのソースバスライン74が交互に交差して設けられている。各ゲートバスライン72および各ソースバスライン74によって囲まれた矩形状の領域内には、光反射効率の高い材料（例えば、Al、Ag、Ta）からなる反射電極69と、それとは別に、光透過効率の高い材料（例えば、ITO）からなる透明電極68とが配置されており、これら反射電極69と透明電極68とで画素電極を形成している。反射電極69の下には、高さの高い凸部64aと高さの低い凸部64bとこれらの上に形成された高分子樹脂膜65が形成されており、反射電極69の表面は連続した波形になっている。凸部の高さは一種類でもよい。

【0026】反射電極69はTFT71のドレイン電極76とコンタクトホール79で接続されている。TFT71はゲート電極73を覆うゲート絶縁膜61a上に堆積された半導体層77で形成されている。TFT71のゲート電極73およびソース電極75は、それぞれゲートバスライン72およびソースバスライン74から分岐されて形成されている。

【0027】対向基板（カラーフィルタ基板）160は、絶縁基板であるガラス基板162上に、カラーフィルタ層164およびITO等からなる透明電極166が形成されている。両基板70及び160の液晶層140

8

側表面には、水平配向膜（不図示）が形成されている。配向膜の塗布後、ラビング等により希望のツイスト角度になるよう配向処理を施してある。液晶層140には、正の誘電異方性を有するネマチック液晶材料を用いる。液晶層140の液晶分子は、水平配向性の配向膜に対するラビング等の配向処理により、基板面に対して $0.1^\circ$ から $5^\circ$ 程度のチルト角を持つ。液晶分子は、電圧無印加時に基板面に平行に配向し、電圧印加時に基板面の法線方向に傾く。

10 【0028】液晶表示装置100の最小の表示の単位となる絵素は、反射電極69によって規定される反射領域120Rと透明電極68によって規定される透過領域120Tとを有する。液晶層140の厚さは、反射領域120Rにおいては $d_r$ であり、透過領域120Tでは $d_t$ （ $d_t > d_r$ ）となっている。これは、表示に寄与する光（反射領域の反射光と透過領域の透過光）の光路長をほぼ等しくするためである。 $d_t = 2d_r$ が好ましいが、表示特性との関係で適宜設定すればよい。少なくとも、 $d_t > d_r$ であればよい。典型的には、 $d_t$ は約4〜6 $\mu\text{m}$ で、 $d_r$ は約2〜3 $\mu\text{m}$ である。すなわち、アクティブマトリクス基板70の絵素領域内に、約2〜3 $\mu\text{m}$ の段差が形成されている。なお、反射電極69が図示したように凹凸を有している場合には、平均値を $d_r$ とすればよい。このように、反射透過両用型液晶表示装置100においては、液晶層140の厚さの異なる領域（反射領域と透過領域）が形成されている。この例では、アクティブマトリクス基板70の液晶側表面に、高さの異なる反射電極領域120Rと透過電極領域120Tとを有する。

30 【0029】水平配向モードにおいてノーマリブラックモードの液晶表示装置を製造する場合、セルギャップの制御が困難になる場合が多い。そこで、本実施例では、プロセスマージンを広く取るためにノーマリーホワイトを採用している。

【0030】図1Aに示した液晶表示装置100のノーマリホワイトモードにおける表示原理の詳細を図2、図3および図4を参照しながら説明する。なお、位相差補償素子170および180が色補償用の位相差板（1/2波長板）170aおよび180bと直線偏光を円偏光に変換するための位相差板（1/4波長板）170bおよび180aを有する場合を説明する。1/2波長板170aおよび180bは表示の着色を押さえるためのものであり、多少の着色を容認する場合は用いなくても良く、またさらに無彩色な表示を実現する場合には2枚用いるのが良い。これらは、液晶表示装置の用途に応じて適宜設定すればよい。液晶をツイストさせると、透過領域と反射領域とで液晶層の厚さが異なる場合、これらの領域の境界となる段差部にディスクリネーションが発生しやすい。従って、ツイスト角 $0^\circ$ の水平配向が最も好ましい。

50

(6)

9

【0031】図2は、反射領域120Rで白表示を行った場合の各層での光の偏光状態を示す。

【0032】入射光は偏光板172によって直線偏光になり、色補償用の1/2波長板170aに入射する。1/2波長板170aでは偏光状態は変化せずに、直線偏光の偏光軸の方向が変化する。その後で1/4波長板170bに入射した直線偏光は円偏光となり液晶層140に入射する。白表示状態の液晶層140の実効的な位相差は1/4波長に調整されているため、入射した円偏光は直線偏光になる。液晶層140を透過した直線偏光は反射板（反射電極69）によって、偏光状態を保ったまま反射され、再び液晶層140に入射する。液晶層140を再び透過した直線偏光は円偏光となり、さらに1/4波長板170bによって直線偏光に変換される。その後1/2波長板170aを通過した後、偏光板172を通して出射される。

【0033】図3は、反射領域120Rで黒表示を行った場合の各層での光の偏光状態を示す。

【0034】入射光は偏光板172によって直線偏光になり、色補償用の1/2波長板170aに入射する。1/2波長板170aでは偏光状態は変化せずに、直線偏光の偏光軸の方向が変化する。その後で1/4波長板170bに入射した直線偏光は円偏光となり液晶層140に入射する。黒表示のための電圧が印加されているので液晶層140の実効的な位相差は0に調整されているため、入射した円偏光はそのまま円偏光として通過する。液晶層140を透過した円偏光は反射板69によって偏光状態を保ったまま反射され、再び液晶層140に入射する。円偏光は偏光状態を維持したまま液晶層140を再び透過し、1/4波長板170bによって直線偏光に変換される。このとき、直線偏光の偏光方向が白表示状態と比べて90度回転されている。1/2波長板170aを通過した直線偏光は、偏光板172によって吸収されるため液晶表示装置から出射されない。

【0035】図4に、透過領域120Tで白表示および黒表示を行った場合の各層での光の偏光状態を示す。反射透過両用型液晶表示装置の設計においては、反射領域120Rに対して、偏光板172の配置、位相差補償素子170aおよび170bのリタレーションおよび遅相軸の配置を決定し、その後で、透過領域120Tに対して、位相差補償素子180aおよび180bのリタレーションおよび遅相軸の配置、偏光板182の配置を決定する。図4には、この設計の手順を反映させて、液晶表示装置100の観察者側に設けられている上側偏光板172から光が入射した場合の各層での偏光状態を示している。なお、実際、透過領域120Tの表示に使用される光はバックライトからの光であり、下側偏光板182から入射するが、下側偏光板182から入射した光の各層での偏光状態の変化も図4に示した変化と等価である。

10

【0036】透過領域120Tの基本的な構成は、反射領域120Rの構成と同じものを反射板69に対して鏡映対称像となるように配置されている。各層による偏光状態および偏光方向の変化は基本的に反射領域について説明したのと同じである。液晶層140の光学的なリタレーションは1/2波長（反射領域120Rのリタレーションの2倍）に調整されている。

【0037】上述のように、反射領域120Rおよび透過領域120Tを併用して表示を行う場合、最大の反射効率および透過効率を実現するためには、液晶層140の光学的リタレーションは、反射領域120Rで1/4波長以上、透過領域120Tで1/2波長以上、それぞれ必要で、且つ、黒表示のための電圧印加時のリタレーションと電圧無印加時のリタレーションとの差が、反射領域で1/4波長以上、透過領域で1/2波長以上である必要がある。

【0038】反射領域120Rと透過領域120Tで上述の光学的なリタレーションを実現するためには様々な形態が利用できる。例えば、ホモジニアス配向した液晶層、ツイスト配向した液晶層、ハイブリッド配向した液晶層等を用いることができる。

【0039】なお、電圧無印加時に液晶分子（少なくとも一部の液晶分子）が基板表面に対して水平方向に配向する液晶表示モードを用いると、十分な黒表示が実現できないという問題が生じることがある。この問題について以下に説明する。

【0040】液晶層を挟んで対向する電極間に十分高い電圧を印加すれば、液晶分子はほぼ基板表面に対して垂直（電界に対して平行）に立ち上がり、液晶層140の光学的リタレーションはほぼ0になる。しかし、黒表示時の印加電圧は有限（典型的には5V程度）であるため、液晶分子の配向が十分に变化できず、液晶層140に有限の光学的リタレーションが残る。特に配向膜の表面近傍の液晶分子は、配向膜のアンカリング効果のために、駆動のために印加される電圧程度では、垂直に配向せず、液晶層140のリタレーションは0とならない。その結果、電圧無印加時に液晶分子（少なくとも一部の液晶分子）が基板表面に対して水平方向に配向する液晶表示モードを用いると、十分な黒表示が実現できず、結果として十分なコントラストが得られない。

【0041】この問題を解決するためには、反射領域120Rについては、1/4波長板の光学的なリタレーションを調整することで、実用的な電圧範囲でも黒表示ができるようにするのが有効である。具体的には、液晶層140に $\alpha$ のリタレーションが残存している場合、1/4波長板170bの遅相軸を液晶層140の実効的な遅相軸の方向にほぼ一致させ、1/4波長板170bの光学的なリタレーションを $(\lambda/4 - \alpha)$ とすることで、電圧印加時に液晶層140に残る光学的リタレーションと併せて、液晶セル全体で1/4波長条件を満足できる

(7)

11

ようにする。他の方法として、 $1/4$ 波長板170bの遅相軸を液晶層140の実効的な遅相軸の方向と直交させ、 $1/4$ 波長板170bの光学的なリタデーションを $(\lambda/4 + \alpha)$ とすることで、電圧印加時に液晶層140に残る光学的リタデーションをキャンセルし、 $1/4$ 波長条件を満足できるようにすることができる。

【0042】透過領域120Tに関しては、反射領域120Rの構成を上述の様に設定した後、透過領域120Tから出射される楕円偏光の長軸もしくは短軸に $1/4$ 波長板180bの光軸（遅相軸）に合わせることで、楕円偏光を直線偏光に変換し、この直線偏光の偏光軸に直交する方向に偏光板182の偏光軸を設定することによって、上記の問題を解決することができる。

【0043】または、透過領域120Tにおいて、 $\beta$ のリタデーションが残存している場合、 $1/4$ 波長板180aの遅相軸を液晶層140の実効的な遅相軸の方向にほぼ一致させ、 $1/4$ 波長板180aの光学的なリタデーションを $(\lambda/4 - (\beta - \alpha))$ とすることで、電圧印加時に液晶層140に残る光学的リタデーションと併せて $1/2$ 波長条件を満足できるようにする。あるいは、 $1/4$ 波長板180aの遅相軸を液晶層140の実効的な遅相軸の方向と直交させ、 $1/4$ 波長板180aの光学的なリタデーションを $(\lambda/4 + (\beta - \alpha))$ と \*

$$Rd = -0.0043 \cdot \theta_t^2 - 0.065 \cdot \theta_t + 1011.8 \quad (1)$$

$$Rd = -0.0089 \cdot \theta_t^2 + 0.1379 \cdot \theta_t + 914.68 \quad (2)$$

$$Rd = -0.0015 \cdot \theta_t^2 - 0.1612 \cdot \theta_t + 737.29 \quad (3)$$

$$Rd = -0.0064 \cdot \theta_t^2 - 0.0043 \cdot \theta_t + 640.65 \quad (4)$$

$$Rd = -0.0178 \cdot \theta_t^2 + 0.2219 \cdot \theta_t + 458.92 \quad (5)$$

$$Rd = -0.0405 \cdot \theta_t^2 + 0.4045 \cdot \theta_t + 364.05 \quad (6)$$

$$Rd = 0.0347 \cdot \theta_t^2 - 0.4136 \cdot \theta_t + 186.53 \quad (7)$$

$$Rd = 0.0098 \cdot \theta_t^2 - 0.1912 \cdot \theta_t + 89.873 \quad (8)$$

一方、透過領域120Tについては、ツイスト角 $\theta_t$ が、 $0^\circ \leq \theta_t \leq 90^\circ$ の範囲において、図6のハッチングの範囲にあれば、30%以上の利用効率が得られ \*

$$Rd = -0.0043 \cdot \theta_t^2 - 0.065 \cdot \theta_t + 995.66 \quad (9)$$

$$Rd = -0.0058 \cdot \theta_t^2 - 0.0202 \cdot \theta_t + 665.8 \quad (10)$$

$$Rd = -0.0248 \cdot \theta_t^2 + 0.6307 \cdot \theta_t + 439.58 \quad (11)$$

$$Rd = 0.0181 \cdot \theta_t^2 - 0.6662 \cdot \theta_t + 109.51 \quad (12)$$

上述の条件のとき、液晶層に十分電圧を印加することによりリタデーションは0となり、コントラストの高い暗表示が実現される。

【0046】さらに、リタデーションRdが、反射領域のツイスト角 $\theta_t$ が $0^\circ \leq \theta_t \leq 54.3^\circ$ の範囲において、式(7)および式(8)で表される曲線で包囲される範囲、およびリタデーションRdが、反射領域のツイスト角 $\theta_t$ が $54.3^\circ < \theta_t \leq 90^\circ$ の範囲において、式(5)と式(8)とで表される曲線で包囲される範囲（図5中のダブルハッチング領域）とし、且つ、透過領域のツイスト角 $\theta_t$ が $0^\circ$ 以上 $90^\circ$ 以下の範囲においてリタデーションRdを式(11)と式(12)とで表

12

\*することで、電圧印加時に液晶層140に残る光学的リタデーションとキャンセルし、 $1/2$ 波長条件を満足できるようにしてもよい。

【0044】次に、本願発明の反射透過両用型液晶表示装置の表示特性について説明する。図1に示した液晶表示装置100において、位相差補償素子170および180が $1/4$ 波長板であるときの、液晶層140のツイスト角 $\theta_t$ とリタデーションとの関係を、反射領域120Rについて図5、透過領域120Tについて図6に示す。

【0045】反射領域については、ツイスト角 $\theta_t$ が、 $0^\circ \leq \theta_t \leq 90^\circ$ の範囲において、図5のハッチングの範囲にあれば、70%以上の利用効率が得られる。図5のハッチングの領域は、リタデーションRd ( $Rd = \Delta n \cdot d$ ; 液晶層の複屈折率 $\Delta n$ 、それぞれの領域における液晶層の厚さ $d$ )が、式(1)と式(2)、式(3)と式(4)とそれぞれ表される曲線で包囲される範囲、 $0^\circ \leq \theta_t \leq 54.3^\circ$ の範囲において、式(5)と式(6)および式(7)と式(8)とでそれぞれ表される曲線で包囲される範囲、および $54.3^\circ < \theta_t \leq 90^\circ$ の範囲において、式(5)と式(8)で表される曲線で包囲される範囲である。

※ 図6のハッチングの領域は、リタデーションRdが、式(9)と式(10)、式(11)と式(12)とそれぞれ表される曲線で包囲される範囲である。

される曲線で包囲される範囲（図6中のダブルハッチング領域）とすることによって、電圧印加時に、反射領域および透過領域の液晶層のリタデーションは0となり、このとき黒表示となるように設定すれば、反射領域および透過領域に同じ電圧を印加すれば、同時に良好な黒表示が実現される。

【0047】それぞれのツイスト角 $\theta_t$ におけるリタデーションの反射率および透過率に対する影響をそれぞれ図7および図8に示す。先の図5および図6は、図7および図8において、それぞれ反射率が70%以上および透過率が30%以上の領域を示したものである。

【0048】さらに、上記の条件は、白表示を実現する



(8)

13

ための条件として、リタデーションが0に最も近い白領域、すなわち、図7、図8における低リタデーション側から第1ピークを選択することに対応しており、階調表示も良好に行える。すなわち、白表示から黒表示へ変化する中間状態において、明るさ（反射率および透過率）が単調減少するので、良好な階調表示が得られる。もし、白表示を実現する条件として、図7および図8における、低リタデーション側からの第2ピークを用いて白\*

反射率90%以上

$$R_d = -0.0043 \cdot \theta_t^2 - 0.0165 \cdot \theta_t + 987.57 \quad (13)$$

$$R_d = -0.0074 \cdot \theta_t^2 + 0.049 \cdot \theta_t + 938.59 \quad (14)$$

$$R_d = -0.0043 \cdot \theta_t^2 + 0.0282 \cdot \theta_t + 712.36 \quad (15)$$

$$R_d = -0.0061 \cdot \theta_t^2 + 0.0564 \cdot \theta_t + 662.94 \quad (16)$$

$$R_d = -0.0192 \cdot \theta_t^2 + 0.1721 \cdot \theta_t + 435.68 \quad (17)$$

$$R_d = -0.0347 \cdot \theta_t^2 + 0.5085 \cdot \theta_t + 387.16 \quad (18)$$

$$R_d = 0.0217 \cdot \theta_t^2 - 0.1589 \cdot \theta_t + 162.09 \quad (19)$$

式(18)と式(19)の交点はツイスト角 $\theta_t 69.5^\circ$

$$R_d = 0.0167 \cdot \theta_t^2 - 0.4884 \cdot \theta_t + 115.56 \quad (20)$$

透過率50%以上

$$R_d = -0.0046 \cdot \theta_t^2 - 0.02913 \cdot \theta_t + 959.69 \quad (21)$$

$$R_d = -0.0037 \cdot \theta_t^2 - 0.076 \cdot \theta_t + 692.65 \quad (22)$$

$$R_d = -0.0308 \cdot \theta_t^2 + 0.5971 \cdot \theta_t + 407.2 \quad (23)$$

$$R_d = 0.0246 \cdot \theta_t^2 - 0.7079 \cdot \theta_t + 148.65 \quad (24)$$

式(23)と式(24)の交点はツイスト角 $\theta_t 81.0^\circ$

透過率70%以上

$$R_d = -0.0074 \cdot \theta_t^2 + 0.049 \cdot \theta_t + 922.41 \quad (25)$$

$$R_d = -0.0043 \cdot \theta_t^2 + 0.0282 \cdot \theta_t + 728.54 \quad (26)$$

$$R_d = -0.0419 \cdot \theta_t^2 + 0.5461 \cdot \theta_t + 371.27 \quad (27)$$

$$R_d = 0.0347 \cdot \theta_t^2 - 0.5085 \cdot \theta_t + 179.14 \quad (28)$$

式(27)と式(28)の交点はツイスト角 $\theta_t 57.5^\circ$

透過率90%以上

$$R_d = -0.0127 \cdot \theta_t^2 + 0.1931 \cdot \theta_t + 877.69 \quad (29)$$

$$R_d = 0.0048 \cdot \theta_t^2 - 0.4527 \cdot \theta_t + 779.34 \quad (30)$$

$$R_d = -0.0809 \cdot \theta_t^2 + 0.809 \cdot \theta_t + 323.6 \quad (31)$$

$$R_d = 0.0404 \cdot \theta_t^2 - 0.4045 \cdot \theta_t + 226.52 \quad (32)$$

式(31)と式(32)の交点はツイスト角 $\theta_t 34.0^\circ$

さらに、図9、図10、図11および図12のダブルハッチング領域に液晶層のリタデーションおよびツイスト角を設定することで、白表示から黒表示へ変化する中間状態において明るさが単調減少するので、良好な階調表示が得られる。

【0050】上記の説明ではツイスト配向について説明したが、ハイブリッド配向の場合も同様に考えることができる。ハイブリッド配向は片側基板を水平配向、もう一方を垂直配向にするが、このときの最適リタデーションは図5および図6においてツイスト角 $\theta_t$ が $0^\circ$ の場合について考えれば良く、そのときの特性はツイスト角 $\theta_t$ が $0^\circ$ の水平配向と同様の特性になる。

【0051】液晶層140の液晶材料として、屈折率異方性 $\Delta n = 0.06$ を有し、正の誘電率異方性を示す液

14

\*表示を行えば、中間調表示領域に第1ピークが存在して、良好な階調表示とすることができない。

【0049】同様にして、反射率が90%以上となる範囲（図9）、透過率が50%以上の領域（図10）、透過率が70%以上の領域（図11）透過率が90%以上の領域（図12）が得られる。それぞれの領域を規定する曲線の式を以下に示す。

晶材料を用いた。

【0052】図1に示した液晶表示装置100において、透過領域120Tの液晶層140のセルギャップ $d_t$ は約 $5.50 \mu m$ 、反射領域120Rの液晶層140のセルギャップ $d_r$ は約 $3.0 \mu m$ 、ツイスト角 $\theta_t = 0^\circ$ 、液晶層140の屈折率異方性 $\Delta n = 0.06$ を有する正の誘電率異方性を示す液晶材料を用いたときの、垂直入射垂直受光時の電圧対透過率特性、電圧対反射率特性を図13に示す。

【0053】図13は、空気に対しての垂直入射垂直受光時の分光透過を1としている。この場合、反射領域120Rにおいて印加電圧が5Vのとき、液晶層140に $\alpha = 30 nm$ 程度の残留リタデーションがあるため、位相差補償素子170bのリタデーションを $110 nm$ と



(9)

15

し、位相差補償素子170bの遅相軸を液晶層140の遅相軸と一致させ、この遅相軸に対して45°回転させた方向に直線偏光が入射するように位相差補償素子170aの遅相軸と偏光板172の偏光軸を設定した。位相差補償素子180aのリタデーションは140nmとし、光軸の方向は液晶層140から出射された楕円偏光の長軸に一致させ、変換された直線偏光を位相差補償素子180bにより偏光方向を変換し、この直線偏光の偏光軸に直交した方向に偏光板182の偏光軸を設定した。

【0054】図14に、得られた反射透過両用型液晶表示装置の白表示および黒表示状態における分光輝度（反射率と透過率）特性を示す。液晶層140に電圧を印加していない白表示と、電圧5V印加時の黒表示において、400nmから700nmの波長域全域で十分なコントラスト比が得られていることが、図14からわかる。このことから、この表示方式は光の利用効率が高く反射透過両用型液晶表示装置に適していることがわかる。

【0055】従って、周囲の光が暗い場合はバックライトを用いて透明領域120Tを透過する光を利用して表示する透過型液晶表示装置として使用し、周囲光が明るい場合には、反射領域120Rでの反射光を利用して表示する反射型液晶表示装置として表示が可能になる。また、透過モードで表示を行う場合にも、反射領域は反射モードの表示を行うので、従来の透過型液晶表示装置で見られる、周囲光が画面で反射して表示が見難くなる現象が抑制される。

【0056】従って、1枚のパネルで周囲の光が暗い場合ではバックライトを用い、周囲光が明るい場合はバックライトを使わずに周囲光を利用する、あるいは、バックライトと反射光の両方を使用しても表示が可能な反射透過両用型液晶表示装置として用いることが可能になる。

【0057】よって、従来の透過型液晶表示装置よりも周囲光が明るい場合にはバックライトを使わない分低消費電力であり、周囲の光が暗い場合ではバックライトを用いることで、従来の反射型液晶表示装置のように周囲の光が暗いと十分な表示が得られないという欠点を克服できる。

【0058】また、白表示と黒表示の場合について説明したが、反射領域や透過領域の対応箇所に各色のカラーフィルターを設けてカラー表示を行うこともできる。

【0059】反射部および透過部で反射率および透過率の印加電圧依存性（いわゆるγ特性）がほぼ同等であるのが望ましい。

【0060】次に、反射領域120Rの液晶層140のセルギャップ $d_r$ は約3.0μm、液晶層のツイスト角 $\theta_t=0^\circ$ 、液晶層140の屈折率異方性 $\Delta n=0.06$ を有する正の誘電率異方性を示す液晶材料を用いた場

16

合の、反射領域120Rにおける1/4波長板170b（図4）のリタデーションRd対反射率の関係を図15（a）および（b）に示す。図15（a）は1/4波長板170bの遅相軸を液晶層140の遅相軸に対して平行な方向に設けた場合、および、図15（b）は1/4波長板170bの遅相軸を液晶層140の遅相軸に対して垂直な方向に設けた場合の結果を示す。なお、本検討は、光に対する視感度が最大となる550nmの波長について行われている。

10 【0061】ノーマリーホワイトの液晶表示装置において、電圧OFF時での明るさは理想的な反射率に対して約50%以上であることが好ましいとされている。従って、図15（a）および（b）から、反射側位相差板170bのリタデーションRdは30nm以上250nm以下の範囲であることが好ましいことがわかる。この理由を下記に説明する。

【0062】位相差板の遅相軸および液晶相の遅相軸の設定角度Vと、位相差板のリタデーションと明るさ（反射率）の関係は、図17のようになる。理想的な反射率をピーク（100%）とした、上に凸型の曲線がそれぞれの設定温度（ $0 \leq V \leq 90$ ）について存在し、曲線は、設定温度Vが大きくなれば、右方向（X軸の正の方向）にシフトする。最適なリタデーションの下限値は平行に配置した状態（ $V=0$ ）で決まり、最適なリタデーションの上限値は垂直に配置した状態（ $V=90$ ）で決まる。それぞれについて、詳細な検討を行った結果が図15（a）および図15（b）である。

【0063】すなわち、位相差板のリタデーションが30nm以上250nm以下の範囲であれば、位相差板の遅相軸と液晶相の遅相軸とを適当な角度に設定することにより、良好な白表示と黒表示とが可能になる。言い換えると、位相差板のリタデーションが30nm以下、あるいは、位相差板のリタデーションが250nm以上であれば、設定角度Vをどのように調整しても良好な白表示はできない。

【0064】続いて、コントラスト比を向上させるために、さらに位相差板を設けることが好ましいので、1/2波長板170aを上述の位相差板170bと偏光板172との間に挿入する。反射領域120Rにおける1/2波長板170aのリタデーションRd対コントラスト比の関係を図15（c）に示す。コントラスト比は、波長が380nmから780nmについて検討を行い、その結果に視感度曲線をかけあわせることによって視感度を考慮し、図15（c）の結果を得た。

【0065】視認性を考慮すれば、反射型液晶表示装置としては、コントラスト比は約10以上であることが好ましいとされる。従って、図15（c）から、1/2波長板170aのリタデーションRdは、220nm以上330nm以下の範囲であることが好ましいことがわかる。

50

(10)

17

【0066】反射領域120Rの設定を上述のように優先的に行ったうえで、さらに、透過領域120Tにおける液晶表示装置の表示品位について検討を行った。透過領域120Tの液晶層140のセルギャップ $d_t$  = 約5.5  $\mu$ m、液晶層のツイスト角 $\theta_t$  = 0°、液晶層140の屈折率異方性 $\Delta n$  = 0.06を有する正の誘電率異方性を示す液晶材料を用いた場合の、1/4波長板180a (図4)のリタデーションRd対コントラスト比の関係を図16(a)に示す。なお、図16(a)に示されるコントラスト比の算出結果は、上述の反射領域120Rと同様に行った。

【0067】視認性を考慮すれば、透過型液晶表示装置としては、コントラスト比が約100以上であることが好ましい。従って、図16(a)から、位相差板180aのリタデーションは120nm以上150nm以下に設定することが好ましいことが分かる。

【0068】透過領域120Tにおいてさらにコントラスト比を向上させるためには、1/4波長板180aと偏光板182との間(1/4波長板180aから出射された直線偏光の偏光軸と偏光板182の偏光軸との間)に、色補償用の1/2波長板180bを挿入することが好ましい。1/2波長板180bのリタデーションRd対コントラスト比の関係を示す図16(b)から、コントラスト比が約100以上を満たすように、1/2波長板180bのリタデーションを240nm以上310nm以下に設定することが好ましいことが分かる。

【0069】上述したように、液晶分子のツイスト角が0°であれば、絵素領域内にセル厚の段差があってもディスプレイネーションが発生しにくく、液晶分子の配向が良好になる。このように、液晶層のツイスト角が0°の状態、上記のような液晶層のリタデーションおよび、4種類の位相差板170a、170b、180aおよび180bのリタデーションを設定すれば、液晶表示装置の反射モードと透過モードとのそれぞれの表示特性を最も向上させることができる。なお、上記4種類の位相差板の表示特性に寄与する優先順位は、位相差板170b、170a、180a、180bであり、位相差板170bが最も重要な構成要件である。上記優先順位から分かるように、反射モードにおける表示の改善を優先的に行うことが好ましい。

【0070】

【発明の効果】上述したように、反射モードおよび透過モードを備えた表示装置においてコントラストの高い表示が可能となる。また、反射モードおよび透過モードを併用した場合に同時に黒表示が可能となり両方併用してもコントラストの高い表示が可能となる。また、印加電圧を変化させ、液晶層のリタデーション値を変化させることで、白表示から黒表示への階調表示が可能となる。また、反射領域と透過領域の液晶層のリタデーションを独立に最適化できるので、透過領域と反射領域の液晶層

18

を同時に同電圧で駆動することが可能となる。このため、周囲の環境に影響されことなく同一の駆動で、反射モードの表示と透過モードの表示を行うことができる。従って、周囲の環境に応じて、表示モードを切り替える必要がない。

【図面の簡単な説明】

【図1A】実施形態1における反射透過両用型液晶表示装置100の部分断面図である。

【図1B】液晶表示装置100のアクティブマトリクス基板70の上面図である。

【図2】反射領域120Rで白表示を行った場合の各層での光の偏光状態を示す図である。

【図3】反射領域120Rで黒表示を行った場合の各層での光の偏光状態を示す図である。

【図4】透過領域120Tで表示を行った場合の各層での光の偏光状態を示す図である。

【図5】反射領域120Rについて、液晶層140のツイスト角とリタデーションとの関係(反射率70%以上の領域)を示す図である。

【図6】透過領域120Tについて、液晶層140のツイスト角とリタデーションとの関係(透過率30%以上の領域)を示す図である。

【図7】種々のツイスト角におけるリタデーションの反射率に対する影響を示すグラフである。

【図8】種々のツイスト角におけるリタデーションの透過率に対する影響を示すグラフである。

【図9】反射領域120Rについて、液晶層140のツイスト角とリタデーションとの関係(反射率が90%以上となる領域)を示す図である。

【図10】透過領域120Tについて、液晶層140のツイスト角とリタデーションとの関係(透過率が50%以上の領域)を示す図である。

【図11】透過領域120Tについて、液晶層140のツイスト角とリタデーションとの関係(透過率が70%以上の領域)を示す図である。

【図12】透過領域120Tについて、液晶層140のツイスト角とリタデーションとの関係(透過率が90%以上の領域)を示す図である。

【図13】実施形態の液晶表示装置の垂直入射垂直受光時の電圧対透過率特性および電圧対反射率特性を示す図である。

【図14】実施形態の液晶表示装置の白表示および黒表示状態における分光輝度(反射率と透過率)特性を示すグラフである。

【図15】(a)および(b)は、反射領域における1/4波長板170bのリタデーションRd対反射率の結果を示すグラフであり、(c)は、反射領域における1/2波長板170aのリタデーションRd対コントラスト比の関係を示すグラフである。

【図16】(a)は、透過領域における1/4波長板1

(ii)

19

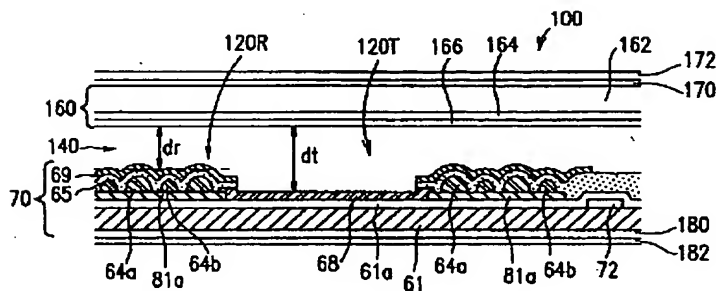
80 a のリタレーション R d 対コントラスト比の関係を  
示し、(b) は、透過領域における 1 / 2 波長板 180  
b のリタレーション R d 対コントラスト比の関係を示す  
グラフである。

【図 17】位相差板の遅相軸および液晶相の遅相軸の設定角度  $V$  と、位相差板のリタデーションと明るさ（反射率）の関係を示すグラフである。

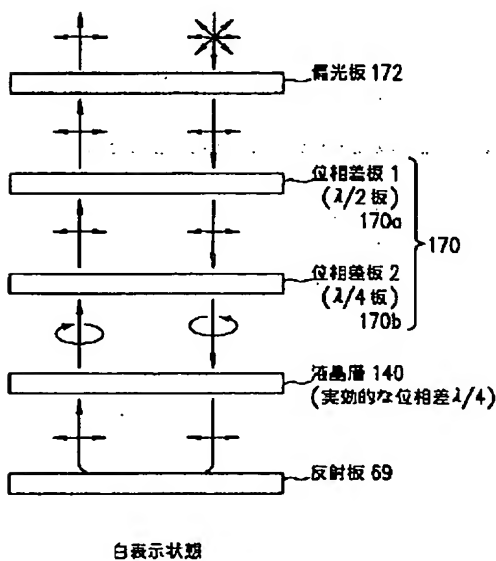
【符号の説明】

68 透明電極

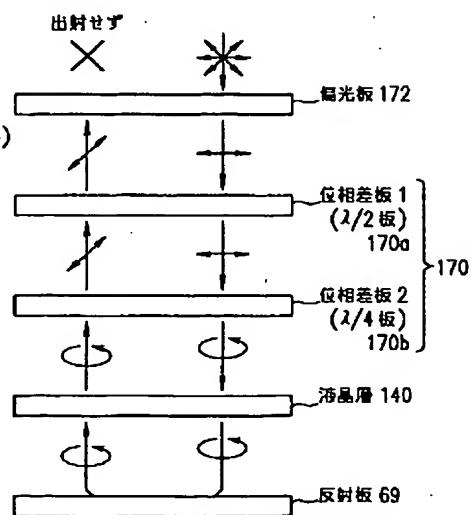
【図 1 A】



【図 2】



【図 3】



### 显示状态

20

69 反射電極

## 70 アクティブマトリクス基板

100 液晶表示装置

120R 反射領域

120T 透過領域

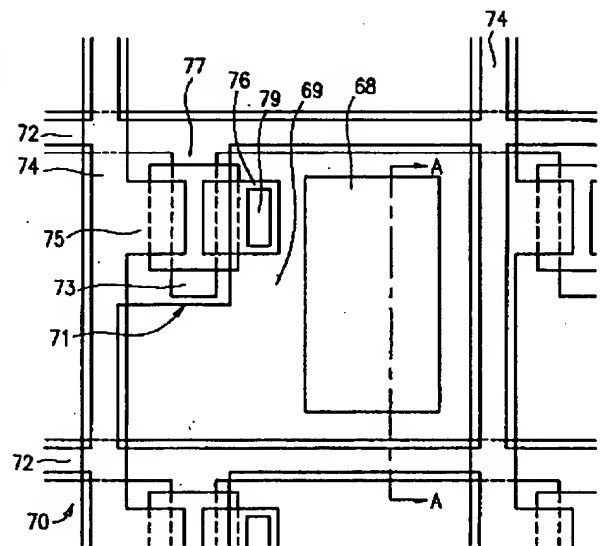
140 液晶層

160 対向基板（カラーフィルタ基板）

170、180 位相差補償素子

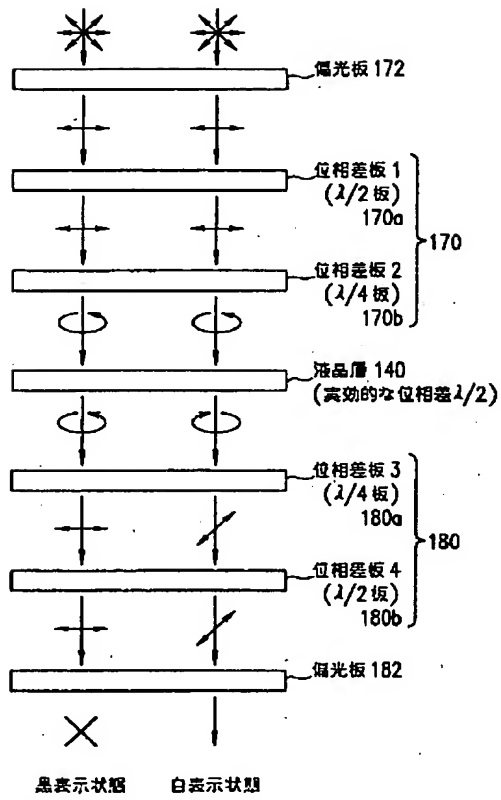
172、182 偏光板

【図 1 B】

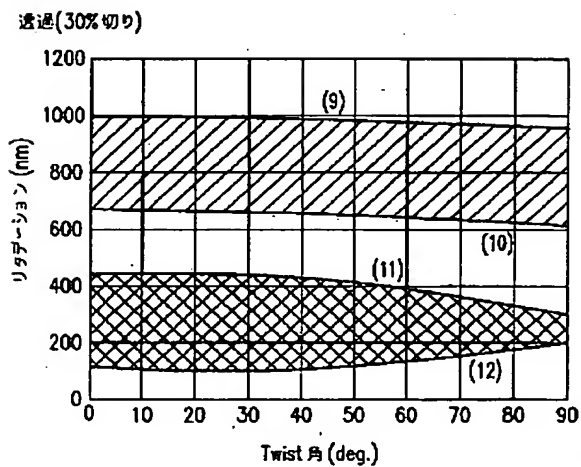


(12)

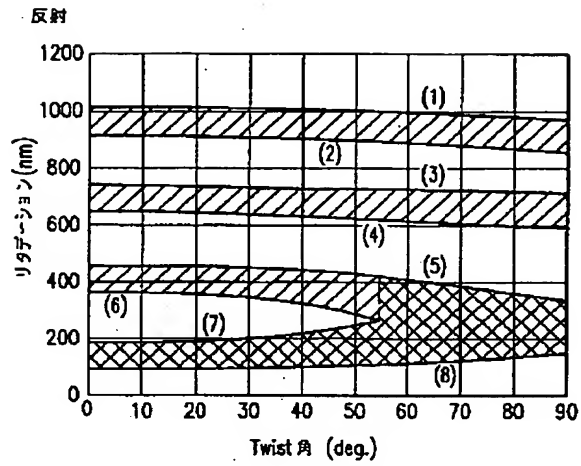
【図4】



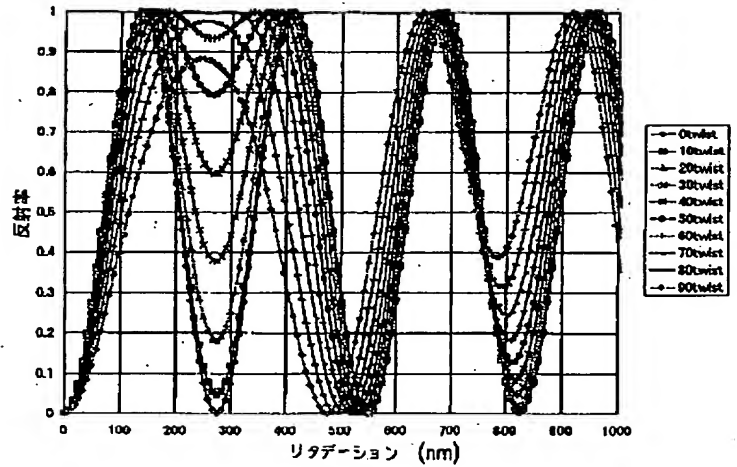
【図6】



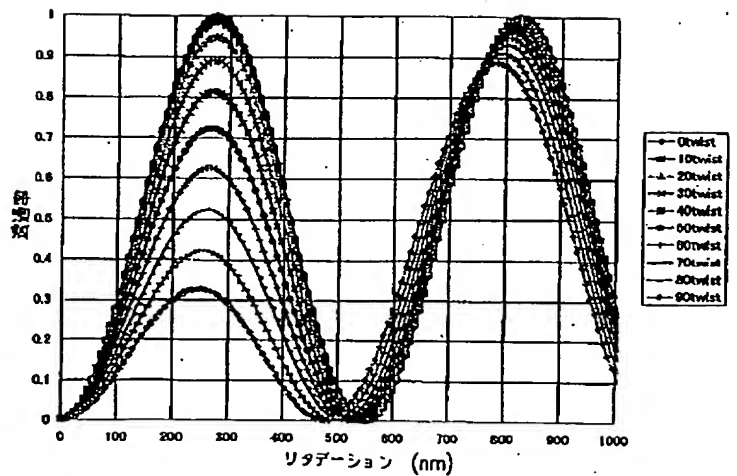
【図5】



【図7】



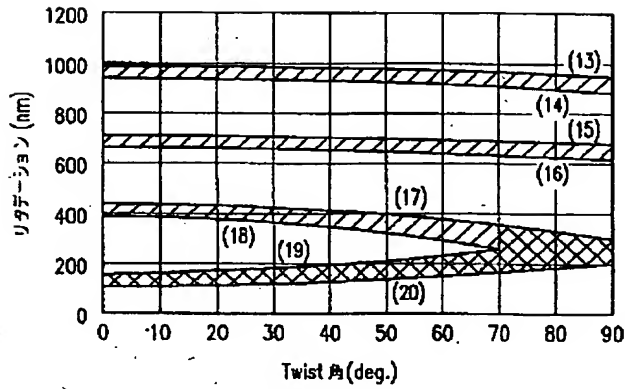
【図8】



(13)

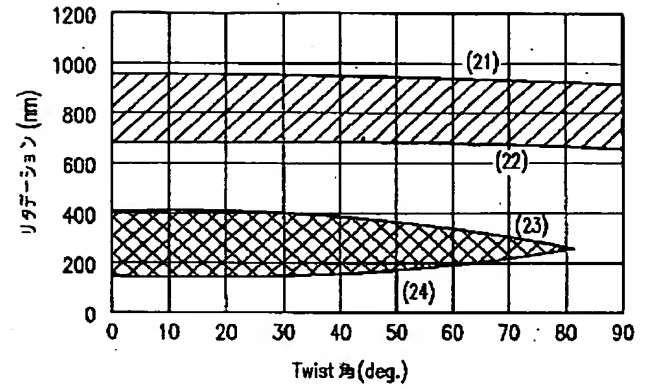
【図9】

反射



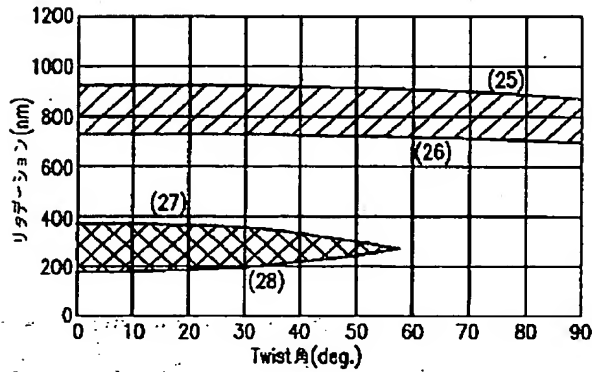
【図10】

透過



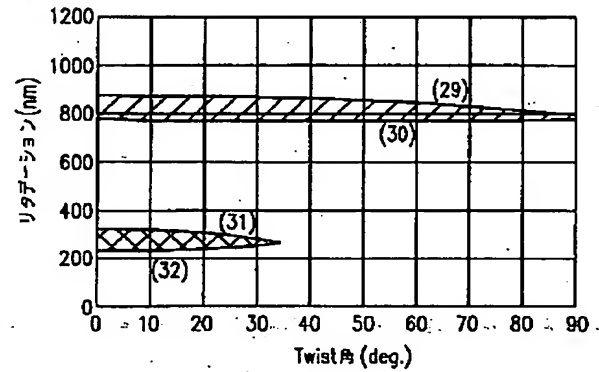
【図11】

透過

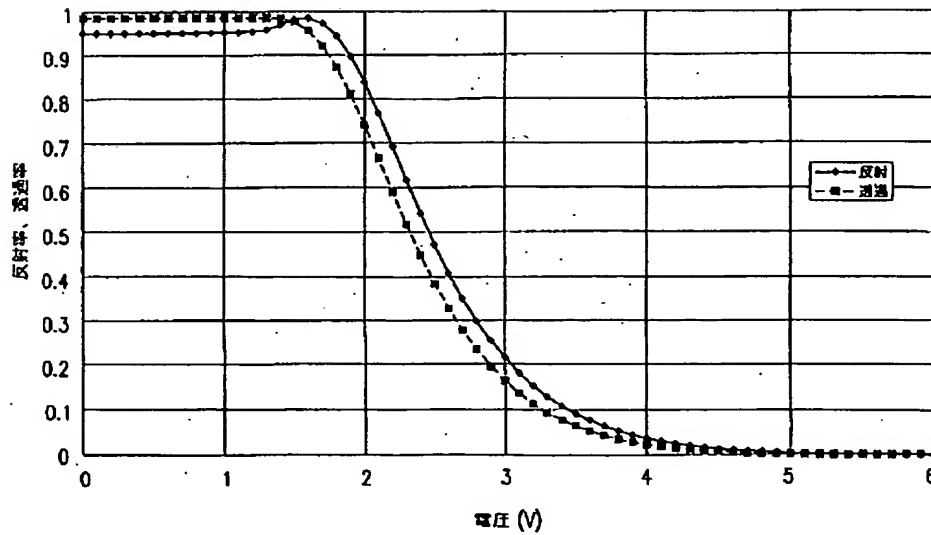


【図12】

透過

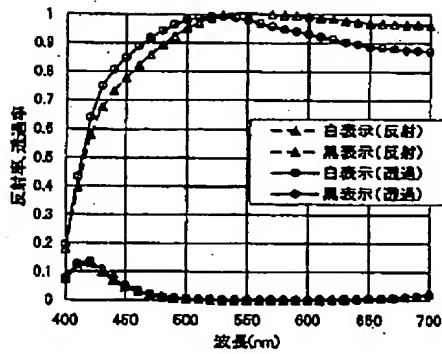


【図13】

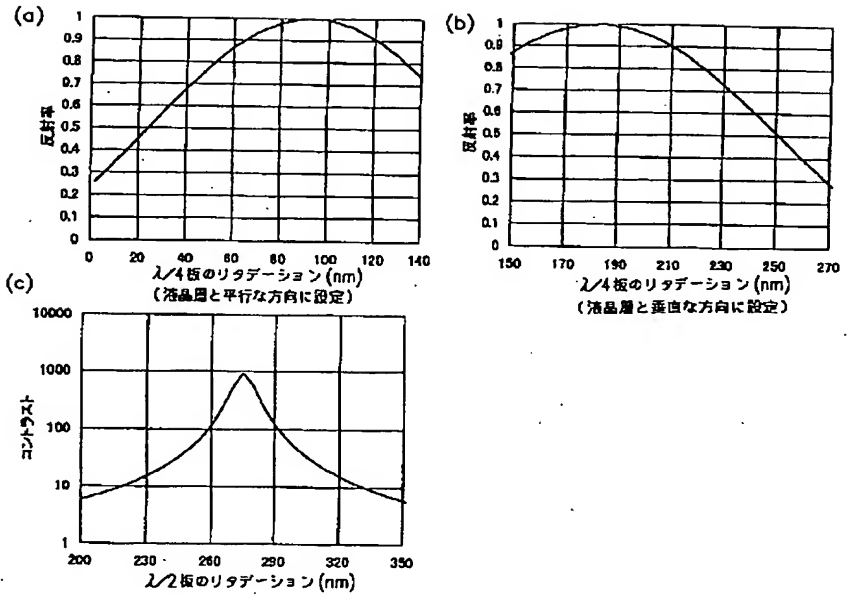


(14)

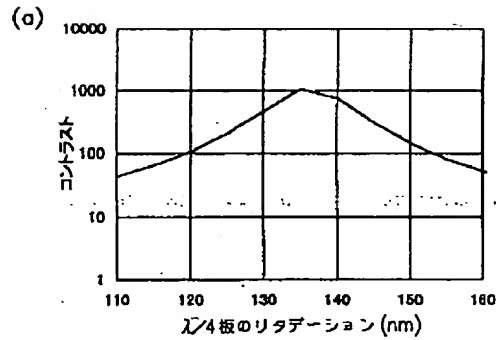
【図14】



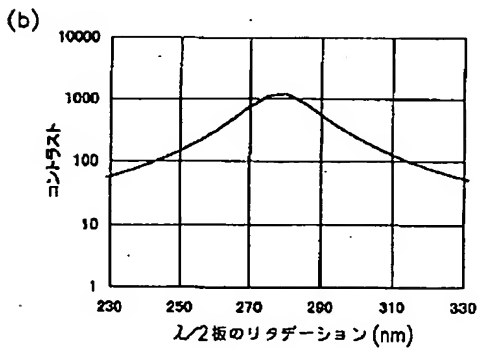
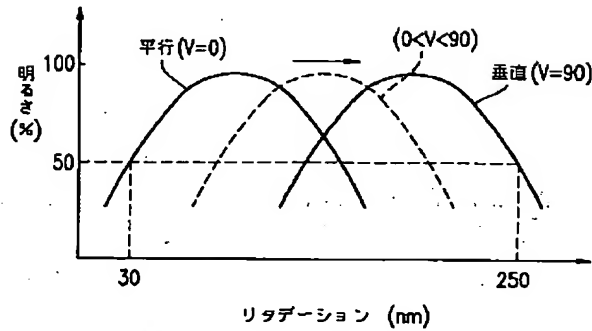
【図15】



【図16】



【図17】



(15)

フロントページの続き

(72)発明者 久保 真澄  
大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ  
ャープ株式会社内

Fターム(参考) 2H091 FA02Y FA08X FA08Z FA11X  
FA11Z FA14Y FA41Z FB08  
GA13 KA02 KA03 KA04 KA05  
LA12 LA17 LA18